



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**ANALISIS STABILITAS ARAH MOBIL TOYOTA  
AGYA G DENGAN VARIASI JUMLAH PENUMPANG,  
KECEPATAN BELOK, SUDUT BELOK DAN  
KEMIRINGAN MELINTANG JALAN**

Faisal Rahman  
2111 100 113

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra., MSc., PhD

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2016



TUGAS AKHIR – TM141585

**ANALISIS STABILITAS ARAH MOBIL TOYOTA  
AGYA G DENGAN VARIASI JUMLAH PENUMPANG,  
KECEPATAN BELOK, SUDUT BELOK DAN  
KEMIRINGAN MELINTANG JALAN**

FAISAL RAHMAN  
NRP. 2112100113

Dosen Pembimbing:  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc. Ph.D

PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT – TM141585

**DIRECTION STABILITY ANALYSIS OF TOYOTA  
AGYA G WITH VARIATION NUMBER OF  
PASSENGERS, TURNING SPEED, TURNING ANGLE  
AND TRANSVERSE ROAD SLOPE ANGLE**

FAISAL RAHMAN  
NRP. 2112100113

Advisory Lecturer  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc. Ph.D

BACHELOR PROGRAM  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017

**ANALISIS STABILITAS ARAH MOBIL TOYOTA  
AGYA G DENGAN VARIASI JUMLAH  
PENUMPANG, KECEPATAN BELOK, SUDUT  
BELOK DAN KEMIRINGAN MELINTANG JALAN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**FAISAL RAHMAN**

**NRP. 2112 100 113**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:**

1. **Prof. Ir. I N. Sutantra, M.Sc. Ph.D** (Pembimbing)  
NIP: 195106051978031002
2. **Ir. Julendra B. Ariatedja, MT** (Penguji I)  
NIP: 196807061999031004
3. **Achmad Syaifudin, ST. M.Eng. Ph.D** (Penguji II)  
NIP: 197909262005011001

**SURABAYA**

**JANUARI, 2017**

# **ANALISIS STABILITAS ARAH MOBIL TOYOTA AGYA G DENGAN VARIASI JUMLAH PENUMPANG, KECEPATAN BELOK, SUDUT BELOK DAN KEMIRINGAN MELINTANG JALAN**

Nama Mahasiswa : Faisal Rahman  
NRP : 2112100113  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc. Ph.D

## **ABSTRAK**

*Kebutuhan manusia terhadap alat transportasi semakin meningkat sesuai dengan kegiatan manusia yang semakin kompleks, terutama alat transportasi darat yang berupa kendaraan bermotor baik roda dua maupun kendaraan roda empat. Perkembangan teknologi otomotif di Indonesia dewasa ini semakin pesat kemajuannya. Salah satunya alat transportasi yang sering digunakan adalah mobil. Apalagi dengan adanya mobil Low Cost Green Car (LCGC) yang semakin banyak digunakan masyarakat. Karena harganya yang murah dan ramah lingkungan sehingga terjangkau bagi kalangan masyarakat menengah. Oleh karena itu, perlu adanya analisis stabilitas kendaraan, agar mengerti perilaku arah kendaraan.*

*Pada penelitian ini, akan menggunakan analisa slip, skid dan guling untuk mengetahui stabilitas kendaraan. Macam – macam variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jumlah penumpang, kecepatan, sudut belok dan kemiringan melintang jalan. Kemudian melakukan uji jalan sebesar radius 10 m untuk mendapatkan koefisien understeer dan kecepatan kendaraan mengalami skid. Kemudian membandingkan nilai koefisien understeer dan kecepatan skid yang didapat dari uji jalan dengan hasil analisis perhitungan kendaraan tersebut.*

*Hasil penelitian pada tugas akhir ini adalah mobil Toyota Agya mengalami kondisi stabilitas paling baik ketika dinaiki oleh 2 orang penumpang dan sudut kemiringan melintang jalan  $5.7^\circ$  karena kendaraan memiliki nilai koefisien understeer yang bernilai positif paling kecil serta tidak mudah mengalami skid dan lebih sedikit mengalami kondisi oversteer. Pada kondisi ini, kendaraan akan mulai mengalami skid dengan sudut belok  $5^\circ$  pada kecepatan 61,718 km/jam dan sudut belok  $25^\circ$  pada kecepatan 28,063 Km/jam. Kecepatan maksimum kendaraan tidak terguling dengan sudut belok  $5^\circ$  pada kecepatan 94,987 km/jam dan sudut belok  $25^\circ$  pada kecepatan 46,585 km/jam. Jadi, jika kendaraan melebihi dari kecepatan tersebut, maka kendaraan semakin sulit dikendalikan. Hasil dari uji jalan pada aspal basah dengan radius putar 10 m didapat harga koefisien understeer nya sebesar 1,578. Koefisien understeer yang bernilai positif menandakan bahwa mobil tersebut mengalami kondisi understeer. Dan kecepatan kendaraan mengalami skid pada radius putar 10 m adalah 30 km/jam.*

***Kata kunci: guling, koefisien understeer, oversteer, skid slip, understeer***

# **DIRECTION STABILITY ANALYSIS OF TOYOTA AGYA G WITH VARIATION NUMBER OF PASSENGERS, TURNING SPEED, TURNING ANGLE AND TRANSVERSE ROAD SLOPE ANGLE**

**Student Name** : Faisal Rahman  
**NRP** : 2112100113  
**Major** : Mechanical Engineering FTI-ITS  
**Adviser** : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc. Ph.D.

## **ABSTRACT**

*Human needs of transportation more increasing in accordance with the human's activity increasingly complex, especially land transportation such vehicles like, two wheel vehicle nor four wheel vehicle. Growth of automotive technology in Indonesia more rapidly. Land transportation often used is car. Especially with the Low Cost Green Car (LCGC) which are increasingly used by people. Because the price is cheap, so affordable by middle class society. Therefore, direction stability analysis of vehicle very important to understand direction behavior of vehicle. Whether the vehicle have condition understeer, oversteer or neutral. Variation used in this research is how the effect number of passengers, turning speed and transverse road slope angle with vehicle stability. Analyze used to calculate is slip analysis, skid analysis and roll over analysis.*

*In this research, the author will use slip analysis, skid analysis and roll over analysis to get vehicle stability. Next step, do road test with turning radius 10 m to get coefficient of understeer vehicle. And then compare result calculation with result road test.*

*The result research is Toyota Agya car has the best stability when ride by two passengers and transverse road slope angle  $5.7^\circ$ , because the vehicle has minimum positive value of coefficient of understeer index, not easy has the condition of skid and less has*

*the condition of oversteer. In this condition, maximum speed vehicle has not conditioned of skid with turning angle  $5^\circ$  at speed 61,718 km/hour and turning angle  $25^\circ$  at speed 28,063 km/hour. Maximum speed vehicle not roll over is turning angle  $5^\circ$  at speed 94,987 km/hour and turning angle  $25^\circ$  at speed 46,585 km/hour. The result from road test on wet asphalt with turning radius 10 m obtained value of understeer index is 1,578. Positive value of understeer index show that vehicle has condition of understeer. And the speed of the vehicle has condition skid on turning radius of 10 m is 30 km / hour.*

***Key note: coefficient of understeer, oversteer, roll over, skid, slip, understeer***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir saya. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya sehingga dapat terselesaikan sesuai dengan waktu yang diharapkan. Oleh karena itu, izinkan saya untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut antara lain:

1. **Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., PhD.**, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memberikasn saran dan masukan dalam menyusun tugas akhir ini.
2. **Achmad Syaifudin, ST, M.Eng, PhD** dan **Ir. Julendra B. Ariatedja, MT**, selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan kritik dan saran agar tugas akhir ini lebih sempurna
3. Kedua orang tua saya, bapak **Syamsu Rizal** dan ibu **Elvera** serta keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan juga doanya agar saya dimudahkan oleh Allah SWT dalam segala urusan.
4. Keluarga besar Laboratorium Desain Otomotif Teknik Mesin yang telah membantu proses penyusunan Tugas Akhir ini khususnya **Nico, Bobo, Mul** dan **Deva**.
5. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin yang telah memebrikan fasilitas dalam rangka melancarkan proses penyusunan tugas akhir ini

6. Teman – teman M55 yang telah menemani penulis dari awal masuk hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini di kampus tercinta Teknik Mesin
7. Teman – teman **Kolak** yang telah berbagi cerita suka maupun duka bersama penulis selama berkuliah di jurusan Teknik Mesin ITS, khususnya **Ando, Riva, Wahid, Gilas, Satria, Irfan, Azis, Doni, Fian** dan alm **Laudy**.
8. Keluarga besar **Kambing Tapanuli** yang telah berbagi suka cita dalam berbagai cerita dan futsal. serta pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu
9. **Siti Nurlaila Fiam** dan **Valde Rahmat** yang telah memberikan motivasi kepada penulis tiada henti sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Saya berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Saya paham apabila tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saya berharap adanya kritik dan saran dari para pembaca agar dapat menjadikan tugas akhir ini lebih baik lagi.

Surabaya, 5 Januari 2016  
Penulis

Faisal Rahman

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv

### BAB I PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang .....	1
1. 2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu .....	5
2.2 Titik Berat Kendaraan .....	7
2.3 Posisi tinggi titik berat.....	8
2.4 Sumbu Guling Kendaraan .....	11
2.5 Jenis Perilaku Belok Kendaraan .....	12
2.5.1 Perilaku ackerman .....	13
2.5.2 Perhitungan Side Angle Slip.....	14

2.5.3 Perilaku <i>understeer</i> .....	15
2.5.4 Perilaku <i>oversteer</i> .....	16
2.6 Koefisien Gesek .....	18
2.7 Mengukur Perilaku Arah Kendaraan .....	19
2.7.1 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Datar .....	19
2.7.2 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring .....	26
2.7.3 Analisa <i>understeer</i> (Kus) .....	30
2.7.4 Analisa Skid Kendaraan .....	31
2.7.5 Analisa Guling Kendaraan .....	35
2.8 Pengujian Dengan Radius Belok Tetap untuk Mencari Nilai $K_{us}$ Kendaraan .....	39

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian .....	41
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	41
3.3 Prosedur perhitungan .....	42
3.4 <i>Flowchart</i> Perhitungan .....	47
3.5 Prosedur Uji Jalan Kendaraan dengan Metode Radius Belok Tetap .....	49
3.6 <i>Flowchart</i> Uji Jalan Kendaraan dengan Metode Radius Belok Tetap .....	52

### BAB 4 HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Kendaraan .....	53
4.2 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan .....	57

4.2.1 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang pada Jalan Datar .....	57
4.2.2 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang pada Kemiringan Melintang Jalan .....	60
4.3 Analisa <i>Slip</i> Perilaku Arah Belok Kendaraan .....	63
4.3.1 Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Sudut Kemiringan Jalan ..	63
4.3.2 Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang .....	65
4.3.3. Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Kecepatan .....	68
4.4 Analisa <i>Skid</i> Perilaku Arah Belok Kendaraan .....	69
4.5 Analisa guling Perilaku Arah Belok Kendaraan .....	71
4.6 Analisa Stabilitas Arah Kendaraan Berdasarkan Nilai Koefisien Understeer ( $K_{US}$ ) .....	73
4.7. Analisa Hasil Uji Jalan dengan Metode Radius Belok Tetap pada Jalan Aspal Basah .....	80

## BAB 5 KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran .....	84

DAFTAR PUSTAKA.....	87
---------------------	----

## LAMPIRAN

## BIODATA PENULIS

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Free body Diagram</i> Toyota Agya.....	7
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Free Body diagram</i> mobil Toyota Agya dengan posisi membentuk sudut $\theta$ .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Layout penumpang mobil Agya.....	10
<b>Gambar2.4</b>	Penentuan sumbu guling <i>sprung mass</i> pada kendaraan .....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Perilaku arah ackerman .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Kinematika kendaraan belok dengan kondisi netral .....	14
<b>Gambar 2.7</b>	Perilaku kendaraan <i>understeer</i> .....	16
<b>Gambar 2.8</b>	Perilaku kendaraan <i>oversteer</i> .....	17
<b>Gambar 2.9</b>	Perbandingan arah <i>understeer</i> dan <i>oversteer</i> .....	17
<b>Gambar 2.10</b>	<i>Free Body Diagram</i> kendaraan saat berbelok <i>full model</i> .....	20
<b>Gambar 2.11</b>	<i>Free Body Diagram</i> kendaraan saat berbelok pada <i>bicycle model</i> .....	20
<b>Gambar 2.12</b>	Gaya – gaya yang terjadi pada roda depan kendaraan .....	22
<b>Gambar 2.13</b>	Gaya-gaya yang terjadi pada roda belakang kendaraan.....	22
<b>Gambar 2.14</b>	<i>Free Body Diagram</i> kendaraan roda depan untuk mencari $F_z$ .....	25
<b>Gambar 2.15</b>	<i>Free Body Diagram</i> tampak samping <i>bicycle model</i> .....	25
<b>Gambar 2.16</b>	<i>Free Body Diagram</i> untuk kendaraan belok pada jalan miring.....	26
<b>Gambar 2.17</b>	<i>Free body diagram</i> roda depan saat belok jalan miring.....	26
<b>Gambar 2.18</b>	<i>Free Body Diagram</i> untuk kendaraan belok pada jalan miring.....	36

<b>Gambar 2.19</b>	Kurva hasil pengujian dengan metode radius belok tetap .....	40
<b>Gambar 3.1</b>	Kurva hasil pengujian dengan radius belok tetap	50
<b>Gambar 3.2</b>	Lintasan Uji Jalan.....	51
<b>Gambar 4.1</b>	Menimbang massa mobil Toyota Agya .....	53
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada jalan aspal datar .....	57
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 2 orang penumpang pada jalan aspal datar .....	58
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 3 orang penumpang pada jalan aspal datar .....	58
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 4 orang penumpang pada jalan aspal datar .....	59
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada kemiringan jalan $5.7^\circ$ ...	60
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada kemiringan jalan $5.7^\circ$ ...	61
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada kemiringan jalan $5.7^\circ$ ...	61
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik nilai $K_{US}$ Vs $\delta f^\circ$ mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada kemiringan jalan $5.7^\circ$ ...	62
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik sudut slip roda depan ( $\alpha f$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang $V = 35$ km/jam pada $\theta = 5.7^\circ$ .....	64
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik sudut slip roda belakang ( $\alpha r$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang $V = 35$ km/jam pada $\theta = 5.7^\circ$ .....	64
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik sudut slip roda depan ( $\alpha f$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya pada kecepatan 35 km/jam, $\theta = 5.7^\circ$ dengan variasi jumlah penumpang .....	66
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik sudut slip roda belakang ( $\alpha r$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya pada kecepatan 35 km/jam, $\theta = 5.7^\circ$ dengan variasi jumlah penumpang .....	66



- Gambar 4.14** Grafik batas kecepatan skid roda depan ( $V_{sf}$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) pada aspal kering dan aspal basah..... 70
- Gambar 4.15** Grafik batas kecepatan Skid roda belakang ( $V_{sr}$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) pada aspal kering dan aspal basah ..... 70
- Gambar 4.16** Grafik batas kecepatan guling roda depan ( $V_{gf}$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) dan sudut kemiringan melintang jalan 5.7 ..... 72
- Gambar 4.17** Grafik batas kecepatan guling roda belakang ( $V_{gr}$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) dan sudut kemiringan melintang jalan 5.7 ..... 72
- Gambar 4.18** KUS  $V_s$   $\delta_f$  mobil dengan 2 penumpang pada jalan datar..... 74
- Gambar 4.19** KUS  $V_s$   $\delta_f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan  $2.29^\circ$ ..... 74
- Gambar 4.20** KUS  $V_s$   $\delta_f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan  $3.34^\circ$ ..... 75
- Gambar 4.21** KUS  $V_s$   $\delta_f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan  $4.57^\circ$ ..... 75
- Gambar 4.22** KUS  $V_s$   $\delta_f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$ ..... 76
- Gambar 4.23** Grafik  $\delta_f^\circ$   $V_s \frac{v^2}{g \cdot R}$  hasil uji jalan mobil Toyota Agya pada radius belok 10 meter jalan aspal dengan 2 orang penumpang ..... 80

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Koefisien adhesi ban pada macam - macam jenis jalan .....	18
<b>Tabel 2.2</b>	Nilai rata - rata koefisien hambatan <i>rolling</i> untuk berbagai jenis ban .....	19
<b>Tabel 3.1</b>	Contoh data hasil uji jalan kendaraan dengan metode radius belok tetap .....	49
<b>Tabel 4.1</b>	Spesifikasi mobil Toyota Agya .....	53
<b>Tabel 4.2</b>	Letak posisi titik berat mobil setelah diberikan penambahan massa penumpang.....	56
<b>Tabel 4.3</b>	Sudut <i>slip</i> rata - rata ban depan ( $\alpha_f^\circ$ ) serta ban belakang( $\alpha_r^\circ$ )kendaraan dengan 2 penumpang pada $\theta = 5.7^\circ$ dan $V = 25-50$ km/jam .....	68
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil uji jalan mobil Toyota Agya pada jalan aspal basah .....	80
<b>Tabel 4.5.</b>	Hasil perhitungan nilai kus kendaraan.....	81
<b>Tabel 4.6</b>	Perbandingan sudut belok dan kecepatan <i>skid</i> kendaraan hasil perhitungan dengan hasil uji jalan .....	82

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan manusia terhadap alat transportasi semakin meningkat sesuai dengan kegiatan manusia yang semakin tinggi, terutama alat transportasi darat yang berupa kendaraan bermotor baik roda dua maupun kendaraan roda empat/mobil. Perkembangan teknologi otomotif di Indonesia dewasa ini semakin pesat kemajuannya. Salah satunya alat transportasi yang sering digunakan adalah mobil. Mobil banyak digunakan karena bersifat privasi dan dapat membawa penumpang lebih banyak. Di zaman modern ini kita membutuhkan mobilitas yang tinggi untuk berpindah ke suatu tempat ke tempat yang lain untuk menunjang aktivitas sehari-harinya. Apalagi dengan adanya mobil *Low Cost Green Car* (LCGC) yang semakin banyak digunakan masyarakat. Karena harganya yang murah dan ramah lingkungan sehingga terjangkau bagi kalangan masyarakat menengah. Maka dari itu kenyamanan dan keamanan menjadi sangat penting dalam berkendara.. Berdasarkan data yang berasal dari Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) mobil tipe LCGC menjadi segmen dengan penjualan terbesar di Indonesia. Salah satu mobil tipe LCGC yang menjadi paling laris adalah Toyota Agya (Gaikindo, 2014)

Namun, perlu untuk memperhatikan keamanan dan kenyamanan dari mobil untuk mengurangi angka kecelakaan yang terjadi di Indonesia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2012 terjadi 117.949 kasus kecelakaan di Indonesia (BPS, 2012). Data ini naik sekitar 8.3 % setiap tahunnya. Sebagian besar terjadi karena diakibatkan kelalaian pengemudi dan kurangnya stabilitas kendaraan saat di jalanan. Dari analisa yang

dilakukan Komisi Nasional Keselamatan dan Transportasi (KNKT) menyebutkan kestabilan mobil – mobil di Indonesia kurang mumpuni, artinya jika mobil dikendarai pada kecepatan tinggi cenderung tidak stabil.

Pengemudi harus menguasai cara mengemudi yang baik agar mobil tetap aman dan nyaman saat dijalankan. Ketika mengemudikan mobil kita memberikan sudut belok ketika mengemudikan kendaraan ada kemungkinan berbeda sudut belok steer yang kita berikan. Sehingga dapat mengakibatkan skid yang membuat ban terangkat atau kehilangan daya cengkram pada ban. Kondisi seperti ini yang sangat berbahaya bagi keselamatan karena berakibat kecelakaan lalu lintas, apalagi ketika mengemudikan pada kecepatan tinggi di jalan bebas hambatan. Ada dua macam skid yaitu *oversteer* dan *understeer*. *Oversteer* adalah kondisi dimana ban depan mobil mengalami skid sehingga terlalu cepat belok, sedangkan *understeer* adalah kondisi dimana ban belakang mengalami skid sehingga susah berbelok. Kondisi ideal dimana sudut belok yang diberikan oleh pengemudi sama dengan sudut belok pada mobil disebut kondisi *ackerman* / kondisi belok ideal.

Pada tugas akhir ini difokuskan untuk menganalisa saat mobil berbelok dengan sudut tertentu dengan radius tertentu, kecepatan belok, kemiringan melintang jalan dan jumlah penumpang. Dari analisa ini diharapkan pengemudi dapat mengatur kecepatan saat belok dengan kondisi tersebut. Sehingga memberikan informasi ke para pengemudi agar dapat mengetahui perilaku arah sudut belok kendaraan dan juga batasan kecepatan agar stabil.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana perilaku arah kendaraan mobil Toyota Agya tipe G dengan berbagai jumlah penumpang

- berdasarkan variasi kecepatan belok, sudut belok dan kemiringan melintang jalan
2. Berapakah besar sudut slip pada roda depan dan roda belakang kendaraan dari berbagai variasi kecepatan, sudut belok dan kemiringan melintang jalan
  3. Berapakah batas kecepatan maksimum dari kendaraan berdasarkan analisa skid dan guling pada kendaraan dari berbagai variasi kecepatan belok, sudut belok dan kemiringan jalan
  4. Berapakah koefisien *understeer* kendaraan berdasarkan sudut beloknya.

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui perilaku arah kendaraan pada berbagai variasi jumlah penumpang, variasi kecepatan, sudut belok dan kemiringan melintang jalan
2. Mengetahui besarnya sudut slip roda depan dan roda belakang kendaraan
3. Mengetahui dan memberikan rekomendasi kecepatan maksimum dari kendaraan Toyota Agya tipe G
4. Mengetahui nilai *understeer* indeks (kus) dari kendaraan.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Mobil yang digunakan adalah Toyota Agya tipe G
2. Gaya aerodinamika akibat hambatan angin diabaikan.
3. Kecepatan belok kendaraan dianggap konstan.
4. Berat badan penumpang dianggap sama yaitu 70 kg
5. Ban yang digunakan adalah ban radial baru
6. Jalan diasumsikan rata dan tidak bergelombang
7. Koefisien adhesi yang digunakan adalah aspal kering dan aspal basah

8. Kemiringan melintang jalan sesuai dengan standar geometri jalan perkotaan dengan sudut kemiringan  $2.29^0$ ,  $3.43^0$ ,  $4.57^0$ , dan  $5.7^0$

### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Sebagai media penelitian dan pengembangan dan pengetahuan di dunia otomotif
2. Dapat menjadi referensi untuk membuat desain mobil yang lebih baik kedepannya.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang stabilitas dan batasan berkendara secara aman untuk mobil Toyota Agya G dengan jumlah penumpang, sudut belok dan kecepatan



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian terdahulu**

Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan *Stabilizer* terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 (AT 4X4) (Andriansyah, 2016). Analisis ini hanya dilakukan pada jalan datar dengan variasi jalan aspal dan tanah. Dari analisis ini didapatkan :

1. Semakin besar sudut belok yang diberikan maka kecepatan *skid* dan guling kendaraan akan semakin menurun. Dengan 2 orang penumpang pada jalan aspal, batas kecepatan agar kendaraan tidak mengalami *skid* roda depan dan belakang yaitu, dengan sudut belok  $7,81^\circ$  sebesar 48,5304 Km/jam dan 47,6155 km/jam, dengan sudut belok  $15,62^\circ$  sebesar 34,8132 Km/jam dan 33,4229 Km/jam, dengan sudut belok  $23,44^\circ$  sebesar 28,9268 Km/jam dan 27,1701 Km/jam, dengan sudut belok  $31,25^\circ$  sebesar 25,6026 Km/jam dan 23,5037 Km/jam. Sedangkan batas kecepatan agar kendaraan tidak terguling total yaitu, dengan sudut belok  $7,81^\circ$  sebesar 70,1759 Km/jam, dengan sudut belok  $15,62^\circ$  sebesar 50,9113 Km/jam, dengan sudut belok  $23,44^\circ$  sebesar 42,8202 Km/jam, dengan sudut belok  $31,25^\circ$  sebesar 38,4196 Km/jam
2. Berdasarkan hasil dari analisa *skid* dapat disimpulkan bahwa mobil Toyota Fortuner cenderung mengalami kondisi *oversteer* karena kecepatan *skid* depan yang lebih tinggi daripada kecepatan *skid* belakang. Dengan 2 orang penumpang pada jalan aspal, kecepatan *skid* depan dan belakang kendaraan pada sudut belok  $7,81^\circ$  48,5305

Km/jam dan 47,6156 Km/jam, pada sudut belok  $15,62^\circ$  sebesar 34,8132 m/jam dan 33,8132 km/jam, pada sudut belok  $23,44^\circ$  sebesar 28,9268 Km/jam dan 27,1701 Km/jam, pada sudut belok  $31,25^\circ$  sebesar 25,6026 Km/jam dan 23,5037 Km/jam.

3. Berdasarkan analisa guling mobil Toyota Fortuner cenderung mengalami kondisi *oversteer* karena batas kecepatan guling roda depan yang nilainya lebih besar daripada batas kecepatan guling roda belakang. Dengan 2 orang penumpang, batas kecepatan guling roda depan dan belakang adalah 70,176 Km/jam dan 67,4848 km/jam pada sudut belok  $7,81^\circ$ , 50,9113 Km/jam dan 46,8311 km/jam pada sudut belok  $15,62^\circ$ , 42,8202 Km/jam dan 37,661 km/jam pada sudut belok  $23,44^\circ$ , 38,4196 Km/jam dan 32,2367 Km/jam.

Penelitian selanjutnya oleh Nafi (2013) adalah analisa perilaku arah Mobil GEA Pada Lintasan Belok Menurun Dengan Variasi Kecepatan, Berat Muatan, Sudut Kemiringan Melintang, Sudut Turunan Jalan Dan Radius Belok Jalan. Analisa ini hanya dilakukan pada jalan yang memiliki koefisien adhesi aspal dan tidak memperhitungkan sudut slip roda. Didapatkan hasil:

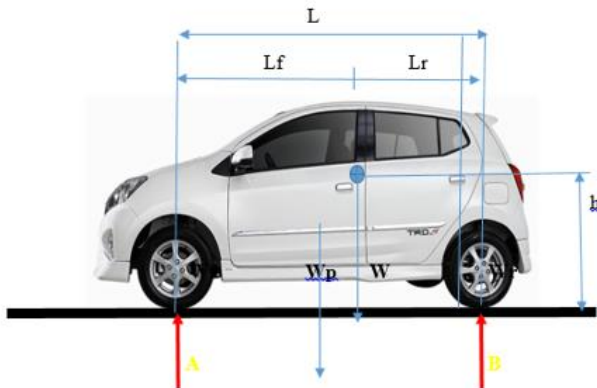
1. Berdasarkan analisa *understeer* dan *oversteer* serta analisa *skid* diperoleh apabila kendaraan tanpa muatan mengalami kondisi *understeer* namun saat terdapat muatan 500kg, 750kg dan 1000kg kendaraan mengalami kondisi *oversteer*. Sedangkan menurut analisa guling pada semua muatan akan terjadi *oversteer*.
2. Harga Vfs dan Vrs menurut analisa *skid* naik seiring dengan pertambahan sudut kemiringan melintang jalan dan radius beloknya. Harga Vfs naik seiring pertambahan muatan namun harga Vrs mengalami penurunan.

3. Berdasarkan analisa guling harga  $V_{fg}$  dan  $V_{rg}$  naik seiring pertambahan sudut kemiringan melintang jalan dan radius beloknya.
4. Kecepatan maksimum terbesar menurut analisa *understeer* dan *oversteer* terdapat pada kendaraan tanpa muatan, sudut turunan jalan  $20^\circ$ , yaitu sebesar 16,67 km/jam. Sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah pada berat dengan muatan 1000kg dan sudut turunan jalan  $45^\circ$  yaitu sebesar 6,4 km/jam

## 2.2 Titik Berat Kendaraan

Dinamika kendaraan banyak melibatkan gaya – gaya yang bekerja pada kendaraan. Dinamika kendaraan sangat dipengaruhi oleh berat kendaraan. Berat kendaraan banyak dipengaruhi oleh gaya – gaya hambatan yang terjadi pada kendaraan. Dalam analisa dinamika kendaraan titik berat (*centre of gravity*) memegang peran penting dalam kenyamanan dan keamanan dari sebuah kendaraan. Maka dari itu mengetahui posisi titik berat sangat penting untuk mengetahui stabilitas kendaraan.

Pengukuran dilakukan dengan menimbang bagian depan dan bagian belakang pada posisi benar – benar horizontal.



**Gambar 2.1** Free body Diagram Toyota Agya

Sebelum terisi penumpang dan dengan menggunakan sumbu roda bagian depan sebagai pusat momen dan asumsi bahwa semua momen yang arahnya ccw dan dengan menggunakan konsep statika maka :

$$\sum M_B = 0 \quad (2.1)$$

$$W \cdot L_f = W_r \cdot L \quad (2.2)$$

$$L_f = \frac{W_r \cdot L}{W} \quad (2.3)$$

dimana :

$W$  : berat kendaraan =  $W_f + W_r$  [N]

$L$  : panjang total kendaraan =  $L_f + L_r$  [m]

berdasarkan gambar diatas, maka persamaan akan berubah seperti berikut :

$$L_f' = \frac{\sum W_i \cdot L_i}{\sum W_i} \quad (2.4)$$

$$L_f' = \frac{W_p \cdot a + W \cdot L_f}{W_t} \quad (2.5)$$

dimana :

$W_r$  = Berat kendaraan bagian belakang [N]

$W_f$  = Berat kendaraan bagian depan [N]

$W_p$  = Berat pengemudi [N]

$W_k$  = Berat kendaraan [N]

$W_t$  = Berat total ( $W_k + W_p$ ) [N]

$L$  = Panjang total kendaraan [m]

$L_f$  = Jarak *center of gravity* ke sumbu roda depan [m]

$L_r$  = Jarak *center of gravity* ke sumbu roda belakang [m]

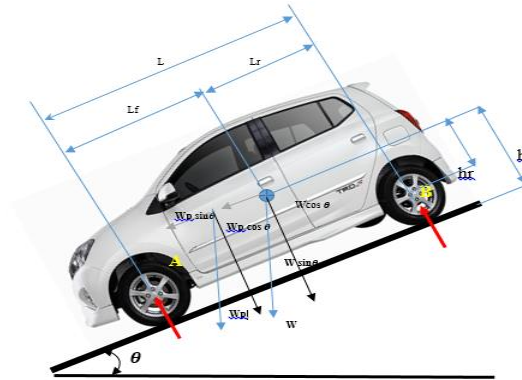
$L_f'$  = Jarak *center of gravity* ke sumbu roda depan setelah penambahan penumpang [m]

$a$  = Jarak titik berat penumpang ke sumbu roda depan [m]

### 2.3 Posisi tinggi titik berat

Untuk mencari tinggi titik pusat berat kendaraan (*centre of gravity*) dapat dilakukan dengan roda depan atau roda belakang dapat ditopang oleh timbangan dan roda yang lain didongkrak hingga membentuk sudut ( $\theta$ ) seperti gambar 2.2. Pada

saat mendongkrak kendaraan suspensi dikunci agar bodi tidak menukik (*pitching*) terhadap posisi roda, atau sudut ( $\theta$ ) dibuat tidak begitu besar agar bodi tidak menukik



**Gambar 2.2** *Free Body diagram* mobil Toyota Agya dengan posisi membentuk sudut  $\theta$

Berdasarkan gambar diatas dengan mengambil momen dari titik A didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$h_r = \frac{W_{f\theta} \cdot L \cos \theta - W L_r \cos \theta}{W \sin \theta} \quad (2.6)$$

$$h_r = \frac{W_{f\theta} \cdot L - W L_r}{W \tan \theta} \quad (2.7)$$

$$h = h_r + r \quad (2.8)$$

Nilai  $h_r$  juga akan berubah akibat adanya penambahan penumpang, sehingga persamaannya akan menjadi sebagai berikut :

$$h_r' = \frac{\sum W_i \cdot h_i}{\sum W_i} \quad (2.9)$$

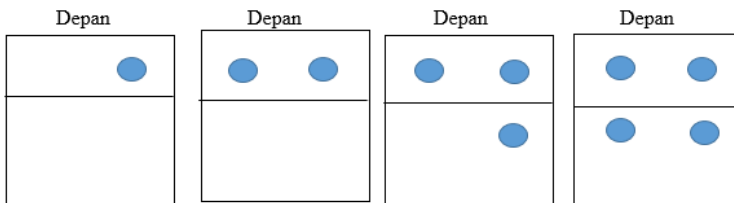
$$h_r' = \frac{W \sin \theta \cdot h_r + W_p \sin \theta \cdot h_p}{W \sin \theta + W_p \sin \theta} \quad (2.10)$$

$$h_r' = \frac{W \cdot h_r + W_p \cdot h_p}{W + W_p} \quad (2.11)$$

dimana :

- $W_{f\theta}$  = Berat kendaraan bagian depan saat ditimbang [N]
- $W$  = Berat total kendaraan [N]
- $W_p$  = Berat penumpang [N]
- $h$  = Tinggi pusat titik berat kendaraan tanpa penumpang terhadap tanah [m]
- $h_r$  = Tinggi pusat titik berat kendaraan tanpa penumpang terhadap sumbu roda [m]
- $h_p$  = Jarak titik berat penumpang dengan sumbu roda [m]
- $h_r'$  = Tinggi pusat titik berat setelah penambahan berat penumpang terhadap sumbu roda [m]
- $\theta$  = Sudut kemiringan yang diberikan pada kendaraan [°]
- $r$  = Jari-jari ban [m]

Pada tugas akhir ini jumlah penumpang yang divariasikan adalah sejumlah 1 penumpang, 2 penumpang, 3 penumpang dan 4 penumpang. Gambar dibawah ini menunjukan layout penumpang beberapa kondisi



**Gambar 2.3** Layout penumpang mobil Agya

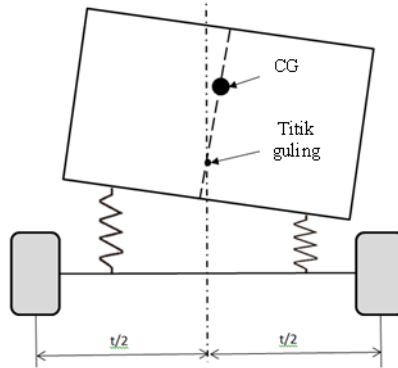
## 2.4 Sumbu Guling Kendaraan

Pada saat kendaraan berbelok arah maka akan terjadi gaya sentrifugal pada kendaraan tersebut yang mengakibatkan bodi kendaraan berotasi terhadap sumbu rotasinya yang disebut dengan sumbu guling. Jarak antara sumbu guling dengan titik berat kendaraan disebut sebagai lengan guling. Semakin besar lengan guling yang terjadi maka momen guling yang terjadi akan semakin besar dan menyebabkan kestabilan arah kendaraan menurun. Tinggi rendahnya letak sumbu guling terhadap permukaan jalan bergantung pada sistem suspensi dan kekakuan suspensi yang digunakan.

Letak sumbu guling kendaraan tersebut dapat ditentukan dengan cara seperti berikut:

1. Kendaraan diposisikan pada landasan horizontal agar semua roda berada pada level yang sama.
2. Diberikan garis vertikal dibagian depan dan atau belakang kendaraan yang membagi sisi kanan dan kiri secara simetris. Garis tersebut harus menempel pada bagian bodi kendaraan sehingga ia selalu mengikuti pergerakan kendaraan.
3. Dipasang sebuah kaca atau benda transparan yang lain di depan dan atau di belakang kendaraan yang juga diletakkan pada landasan horizontal.
4. Dibuat garis vertikal pada kaca tersebut yang paralel dengan garis yang telah dibuat pada bodi kendaraan sehingga apabila dilihat pada bagian depan atau belakang maka kedua garis tersebut akan terlihat berhimpit seperti pada gambar 2.4.
5. Bagian atas bodi kendaraan didorong dari samping hingga sedikit terguling namun tidak sampai ada roda yang terangkat. Pada saat ini garis yang terdapat pada kaca dan

bodi kendaraan tidak lagi berhimpit tetapi saling berpotongan pada suatu titik. Titik itulah yang menjadi pusat guling kendaraan pada bagian depan dan atau belakang. Apabila titik pusat guling di bagian depan dan belakang dihubungkan dengan suatu garis maka akan didapatkan sumbu guling kendaraan.



**Gambar 2.4.** Penentuan sumbu guling *sprung mass* pada kendaraan

## 2.5 Jenis Perilaku Belok Kendaraan

Gerakan belok adalah gerakan yang sangat penting dalam kendaraan. Karena gerakan tersebut dapat menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. Pada gerakan belok ini akan menimbulkan gaya – gaya dan momen yang terjadi pada ban sehingga menimbulkan sudut slip. Besarnya sudut slip ban dapat menentukan kualitas dari stabilitas arah kendaraan. Semakin besar sudut slipnya maka kestabilannya semakin terganggu. Adapun jenis – jenis perilaku arah kendaraan sebagai berikut :





Besarnya radius belok ideal (ackerman) secara sederhana dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan;

$$R_{ackerman} = \frac{l_f + l_r}{\delta_f} 57,29 \quad (2.12)$$

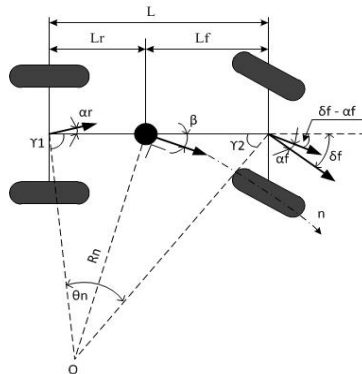
### 2.5.2 Perhitungan Side Angle Slip

*Side slip angle*  $\beta$  dapat dihitung menggunakan kondisi ideal kendaraan saat melakukan gerakan belok yang dikenal dengan nama *Ackerman*. Kondisi *Ackerman* menganggap bahwa tidak ada sudut slip yang terjadi pada ban sehingga arah gerak roda sama dengan arah bidang putar roda. *side slip angle* ( $\beta$ ) dapat dihitung dengan secara sederhana dengan menggunakan persamaan trigonometri.

$$\sin \beta = \frac{l_r}{R_{ackerman}} \quad (2.13)$$

$$\beta = \arcsin \left( \frac{l_r}{R_{ackerman}} \right) \quad (2.14)$$

Sedangkan pada kondisi rilnya ketika kendaraan berbelok, gaya sentrifugal sangat berperan besar timbulnya sudut slip pada setiap ban. Kondisi ketika sudut slip roda depan sama dengan sudut slip roda belakang disebut perilaku belok netral.



Gambar 2.6. Kinematika kendaraan belok dengan kondisi nyata  
(Deva Andriansyah, 2016)

Keterangan:

O	= sumbu pusat sesaat
$R_{ackerman}$	= radius belok <i>Ackerman</i> (ideal) (m)
$R_n$	= radius belok nyata kendaraan (m)
$\beta$	= <i>side slip angle</i> kendaraan ( $^{\circ}$ )
$\gamma$	= sudut belok ideal ( $^{\circ}$ )
$\delta_f$	= sudut <i>steer</i> rata-rata roda depan ( $^{\circ}$ )
$L_f$	= jarak roda depan ke <i>Center of Gravity</i> kendaraan (m)
$L_r$	= jarak roda belakang ke <i>Center of Gravity</i> kendaraan (m)
$\alpha_f$	= sudut slip ban bagian depan ( $^{\circ}$ )
$\alpha_r$	= sudut slip ban bagian belakang ( $^{\circ}$ )

Radius belok nyata kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R_n = \frac{L_f + L_r}{\delta_f + \alpha_r - \alpha_f} 57,29 \quad (2.15)$$

dengan :

$R_n$  = Radius belok nyata dari kendaraan

$\alpha_f^{\circ}$  = Besar sudut slip depan

$\alpha_r^{\circ}$  = Besar sudut slip belakang

Kondisi belok netral terjadi jika :

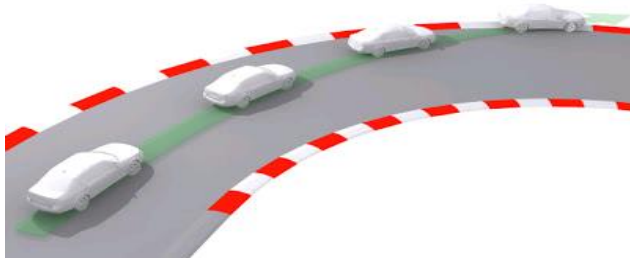
$$R_{ack} = R_n$$

$$\alpha_r = \alpha_f$$

### 2.5.3 Perilaku *Understeer*

Perilaku *understeer* adalah kendaraan sulit untuk berbelok sehingga umumnya ia memerlukan sudut belok yang lebih besar. Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang lebih kecil dari sudut slip depan.

Understeer ditandai dengan mobil yang cenderung lurus, meski setir sudah dibelokkan. Biasa disebut slip karena daya cengkeram depan hilang. Gejala ini menimbulkan kepanikan dari pengemudi dan bukan tidak mungkin berpotensi membuat kecelakaan karena mobil berjalan ke luar jalan.



**Gambar 2.7** Perilaku kendaraan *understeer*

Mengacu pada gambar 2.7 dan analisa seperti pada kondisi kendaraan belok nyata, maka untuk kondisi *understeer* terjadi jika:

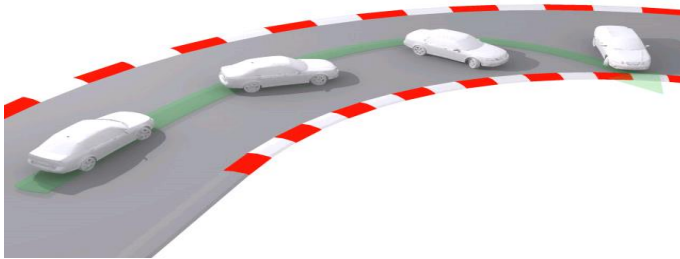
$$R_{ack} < R_n$$

$$\alpha_r < \alpha_f$$

Untuk mengendalikan kendaraan dengan perilaku *understeer* tidak begitu sulit yaitu dengan cara memberikan sudut steer yang besar untuk berbelok lebih besar.

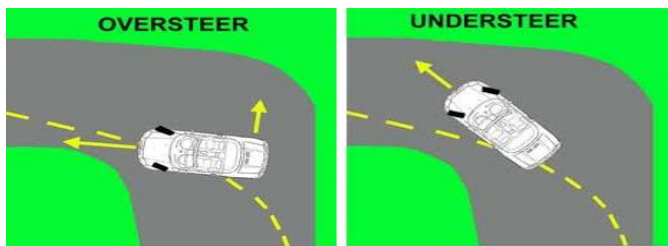
#### **2.5.4 Perilaku *Oversteer***

Kondisi *oversteer* adalah kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan. Pada kendaraan yang mempunyai perilaku *oversteer* pengaruh sudut slip mengakibatkan kendaraan sangat *responsive* pada waktu belok. Hal ini bisa disebabkan karena kita melakukan pengereman ketika berbelok.



**Gambar 2.8** Perilaku kendaraan *Oversteer*

Bila pengemudi mengerem pada saat kondisi menikung tersebut, berat mobil berpindah ke roda depan dan roda belakang kehilangan sebagian besar daya cengkramnya. Bahaya dari kondisi *oversteer* adalah mobil menjadi berputar tak terkendali dan menabrak sesuatu dari samping.



**Gambar 2.9** Perbandingan arah *understeer* dan *oversteer*

Menghindari terjadinya perilaku *oversteer* dapat dilakukan dengan cara mengurangi kecepatan mobil saat memasuki tikungan. Namun jika kondisi *oversteer* terlanjur terjadi, cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut antara lain tidak melakukan pengereman, menggunakan *counter-attack* atau memutar setir

kearah berlawanan, dan mengurangi injakan pada pedal gas dapat membantu mengembalikan kestabilan mobil yang mengalami *oversteer*.

$$R_{ack} > R_n$$

$$\alpha_r > \alpha_f$$

## 2.6 Koefisien Gesek

Kekasaran permukaan jalan merupakan salah satu faktor utama dalam mempengaruhi koefisien gesek jalan. Permukaan jalan yang halus tentu berbeda nilai koefisien geseknya terhadap permukaan jalan yang kasar.

Koefisien adhesi rata-rata antara ban dan jalan untuk bermacam jenis jalan yang ditunjukkan pada tabel 2.1 ditunjukkan bahwa koefisien adhesi pada saat roda lock ( $\mu_s$ ) bukanlah harga terbesar, melainkan harga koefisien adhesi pada saat rolling murni yang terbesar. (J.J taborek, 1957)

**Tabel 2.1** Koefisien adhesi ban pada macam - macam jenis jalan

Permukaan jalan	Koefisien Adhesi tertinggi	Koefisien adhesi roda lock
Aspal dan beton (kering)	0,8 - 0,9	0,75
Aspal (basah)	0,5 – 0,7	0,55 – 0,6
Beton (basah)	0,8	0,7
Gravel	0,6	0,55
Jalan tanah (kering)	0,68	0,65
Jalan tanah (basah)	0,55	0,4 – 0,5
Snow	0,2	0,15
Ice	0,1	0,07

Sumber : Buku Mechanics of Vehicles, 1957

Besarnya gaya hambat *rolling* ( $R_r$ ) yang terjadi antara permukaan jalan dengan ban kendaraan adalah sebagai berikut:

$$R_r = f_r \cdot W \quad (2.16)$$

$$\bullet \quad R_{rf} = f_r \cdot W_f \quad (2.17)$$

$$\bullet \quad R_{rr} = f_r \cdot W_r \quad (2.18)$$

dimana  $W$  adalah berat total dari kendaraan,  $W_f$  dan  $W_r$  ialah berat kendaraan bagian depan dan belakang sedangkan  $f_r$  merupakan koefisien hambatan *rolling* antara ban dengan permukaan jalan seperti yang tertera pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Nilai rata-rata koefisien hambatan *rolling* untuk berbagai jenis ban kendaraan dan berbagai kondisi permukaan jalan

Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
	Beton	Keras/Aspal	Pasir
Kendaraan penumpang	0,015	0,08	0,3
Truk	0,012	0,06	0,25
Traktor	0,020	0,04	0,2

Sumber : Buku Teknologi Konstruksi Otomotif, 2010

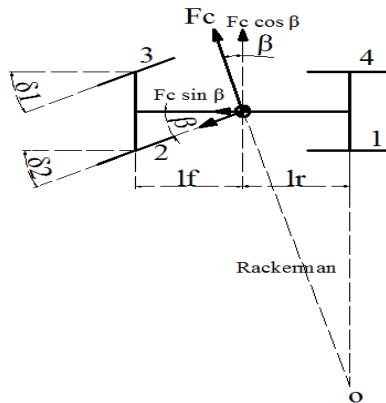
## 2.7 Mengukur Perilaku Arah Kendaraan

### 2.7.1 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Datar

Ketika ban berputar terdapat dua macam gerakan, yaitu gerakan translasi dan rotasi. Jika suatu ban tersebut hanya mengalami gerakan rotasi, maka ban tersebut dapat dikatakan slip. Ada beberapa penyebab ban mengalami slip. Salah satunya adalah adanya gaya samping yang menyebabkan deformasi lateral pada bidang kontak ban. Akibat dari gaya samping tersebut maka arah putaran ban akan bergeser sebesar  $\alpha$ . Hal ini dinamakan sebagai sudut slip.

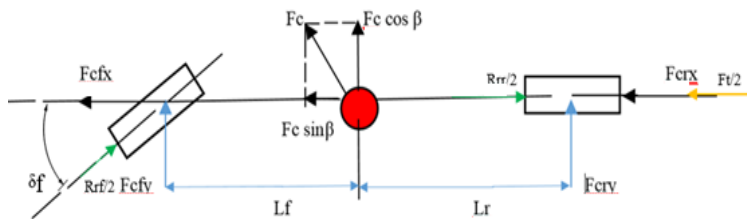
Untuk menganalisa slip pada kendaraan belok dengan jalan datar diperlukan gaya reaksi masing-masing roda agar dapat mencari sudut slip pada roda sehingga dapat diketahui perilaku

arah kendaraan saat belok pada jalan datar. Pada gambar 2.10 tampak *free body diagram* kendaraan saat belok dengan *full model* untuk mengetahui gaya sentrifugal pada kendaraan.



**Gambar 2. 10** *Free Body Diagram* kendaraan saat berbelok *full model* (Rizqi An Nafi, 2013)

Agar lebih jelas untuk mengetahui besarnya gaya sentrifugal pada roda maka dapat dilihat *free body diagram* dari *bicycle model* saat kendaraan berbelok pada gambar 2.11.



**Gambar 2. 11** *Free Body Diagram* kendaraan saat berbelok pada bidang datar *bicycle model*

Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah x saat berbelok yaitu:



$$F_{cx} = F_c \cdot \sin \beta \quad (2.19)$$

$$\bullet \quad F_{cfx} = \left( \frac{L_r}{L} \right) F_c \cdot \sin \beta \quad (2.20)$$

$$\bullet \quad F_{crx} = \left( \frac{L_f}{L} \right) F_c \cdot \sin \beta \quad (2.21)$$

Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah y saat berbelok yaitu:

$$F_{cy} = F_c \cdot \cos \beta \quad (2.22)$$

$$\bullet \quad F_{cfy} = \left( \frac{L_r}{L} \right) F_c \cdot \cos \beta \quad (2.23)$$

$$\bullet \quad F_{cry} = \left( \frac{L_f}{L} \right) F_c \cdot \cos \beta \quad (2.24)$$

Dimana :

$m$  = Massa kendaraan [Kg]

$V$  = Kecepatan kendaraan belok [m/s]

$R$  = Radius belok jalan [m]

$F_c$  = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan [N]

$F_{cx}$  = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah longitudinal [N]

$F_{cy}$  = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah lateral [N]

$F_{cfx}$  = Gaya sentrifugal ke arah longitudinal yang terjadi pada roda depan [N]

$F_{crx}$  = Gaya sentrifugal ke arah longitudinal yang terjadi pada roda belakang [N]

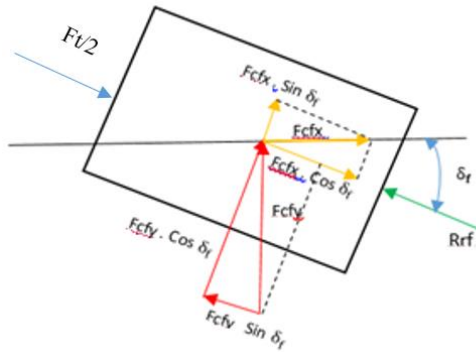
$F_{cfy}$  = Gaya sentrifugal ke arah lateral yang terjadi pada roda depan [N]

$F_{cry}$  = Gaya sentrifugal ke arah lateral yang terjadi pada roda belakang [N]

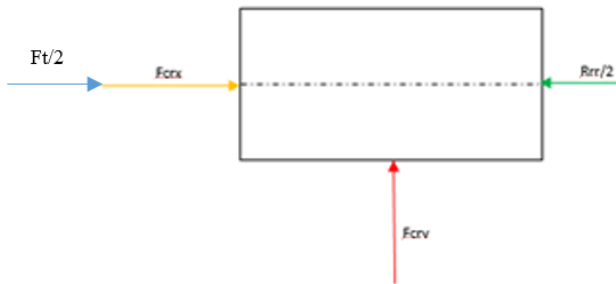
$R_r$  = Gaya hambat *rolling* yang terjadi pada ban kendaraan [N]

Selanjutnya adalah melakukan analisa gaya longitudinal ( $F_x$ ) dan lateral ( $F_y$ ) yang terjadi pada setiap roda. Persamaan

tersebut didapat dengan menggambar *Free body diagram* dari gaya-gaya yang terjadi pada roda bagian depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13.



**Gambar 2.12** Gaya – gaya yang terjadi pada roda depan kendaraan



**Gambar 2.13** Gaya-gaya yang terjadi pada roda belakang kendaraan

Gaya longitudinal ( $F_x$ ) yang terjadi pada setiap ban adalah sebagai berikut,

$$F_{x1} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \frac{L_f}{L} (F_{cx}) - R_{rr} \right] \quad (2.25)$$

$$F_{x2} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \left( \frac{L_r}{L} (F_{cx}) \cos \delta_f - \frac{L_r}{L} F_{cy} \cdot \sin \delta_f \right) - R_{rf} \right] \quad (2.26)$$

$$F_{x3} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \left( \frac{L_r}{L} (F_{cx}) \cos \delta_f - \frac{L_r}{L} F_{cy} \cdot \sin \delta_f \right) - R_{rf} \right] \quad (2.27)$$

$$F_{x4} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \frac{L_f}{L} (F_{cx}) - R_{rr} \right] \quad (2.28)$$

Gaya lateral ( $F_y$ ) yang terjadi pada setiap ban adalah sebagai berikut,

$$F_{y1} = \frac{F_{cry}}{2} = \frac{L_f}{2L} F_{cy} \quad (2.29)$$

$$F_{y2} = \frac{1}{2} \left[ \frac{L_r}{L} F_{cy} \cdot \cos \delta_f + \frac{L_r}{L} (F_{cx}) \sin \delta_f \right] \quad (2.30)$$

$$F_{y3} = \frac{1}{2} \left[ \frac{L_r}{L} F_{cy} \cdot \cos \delta_f + \frac{L_r}{L} (F_{cx}) \sin \delta_f \right] \quad (2.31)$$

$$F_{y4} = \frac{F_{cry}}{2} = \frac{L_f}{2L} F_{cy} \quad (2.32)$$

Adanya momen guling yang terjadi pada kendaraan, menyebabkan timbulnya momen pada sistem suspensi sebagai hubungan aksi dan reaksi maka,

- $M_{gf} = K_{sf} \cdot \frac{b_f^2}{2} \cdot \gamma_f$   
 $\frac{L_r}{L} (F_{cy} \cdot r_c + W \cdot \gamma_f \cdot r_c) = K_{sf} \cdot \frac{b_f^2}{2} \cdot \gamma_f$   

$$\gamma_f = \frac{\frac{L_r}{L} \cdot F_{cy} \cdot r_c}{K_{sf} \cdot \frac{b_f^2}{2} - \frac{L_r}{L} \cdot W \cdot r_c} \quad (2.33)$$

- $M_{gr} = K_{sr} \cdot \frac{b_r^2}{2} \cdot \gamma_r$   
 $\frac{L_f}{L} (F_{cy} \cdot r_c + W \cdot \gamma_r \cdot r_c) = K_{sr} \cdot \frac{b_r^2}{2} \cdot \gamma_r$   

$$\gamma_r = \frac{\frac{L_f}{L} \cdot F_{cy} \cdot r_c}{K_{sr} \cdot \frac{b_r^2}{2} - \frac{L_f}{L} \cdot W \cdot r_c} \quad (2.34)$$

dimana,

- $K_s$  = Kekakuan pegas suspensi  
 $b$  = Jarak antar pegas suspensi kanan dan kiri  
 $t$  = Jarak antar sumbu roda depan atau belakang  
 $M_{gf}$  = Momen guling yang terjadi pada roda depan kendaraan [N.m]  
 $M_{gr}$  = Momen guling yang terjadi pada roda belakang kendaraan [N.m]  
 $h_{gf}$  = Jarak pusat guling kendaraan bagian depan dengan permukaan jalan [m]  
 $h_{gr}$  = Jarak pusat guling kendaraan bagian belakang dengan jalan [m]  
 $r_c$  = Jarak pusat massa kendaraan terhadap sumbu gulingnya [m]  
 $\gamma$  = Sudut guling (*rolling*) kendaraan [Radian]  
 $\gamma_f$  = Sudut guling (*rolling*) kendaraan pada bagian depan [Radian]  
 $\gamma_r$  = Sudut guling (*rolling*) kendaraan pada bagian belakang [Radian]

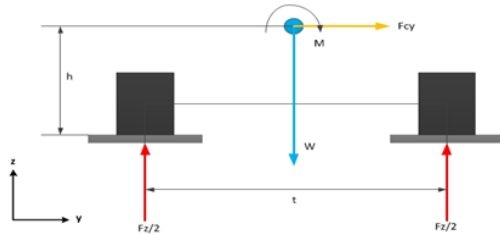
Setelah itu melakukan analisa gaya vertikal ( $F_z$ ) yang terjadi pada setiap roda seperti yang tampak pada gambar 2.14 dan 2.15 sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut

$$F_{z1} = \frac{L_f}{2L} W - \frac{F_{cry} \cdot h}{t_r} - \frac{M_{gr}}{t_r} - \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{2L} \quad (2.35)$$

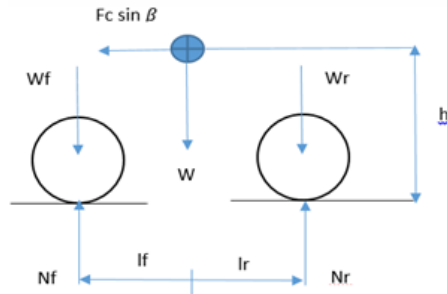
$$F_{z2} = \frac{L_r}{2L} W - \frac{F_{cfy} \cdot h}{t_f} - \frac{M_{gf}}{t_f} + \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{2L} \quad (2.36)$$

$$F_{z3} = \frac{L_r}{2L} W + \frac{F_{cfy} \cdot h}{t_f} + \frac{M_{gf}}{t_f} + \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{2L} \quad (2.37)$$

$$F_{z4} = \frac{L_f}{2L} W + \frac{F_{cry} \cdot h}{t_r} + \frac{M_{gr}}{t_r} - \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{2L} \quad (2.38)$$



**Gambar 2. 14** *Free Body Diagram* kendaraan roda depan untuk mencari  $F_z$  (Deva Andriansyah, 2016)



**Gambar 2. 15** *Free Body Diagram* tampak samping *bicycle model*

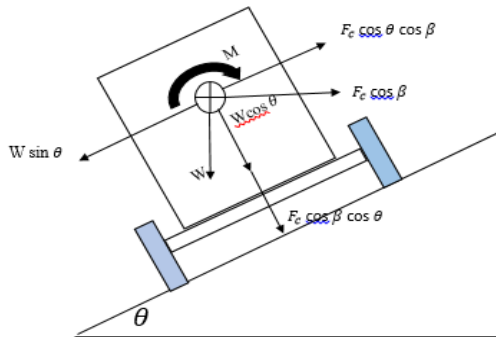
Dengan demikian, besarnya gaya berat yang terjadi pada roda depan dan belakang adalah :

$$W_f = \frac{L_r}{L} W + \frac{F_{cx} \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \quad (2.39)$$

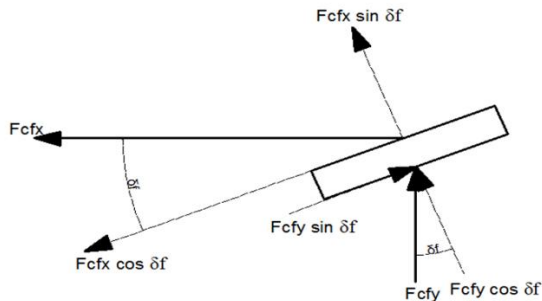
$$W_r = \frac{L_f}{L} W - \frac{F_{cx} \cdot \sin \beta \cdot h}{L} \quad (2.40)$$

### 2.7.2 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring

Untuk mengetahui gaya sentrifugal ( $F_c$ ), gaya longitudinal ( $F_x$ ) dan gaya lateral ( $F_y$ ) yang terjadi pada kendaraan belok dengan kondisi jalan miring, maka dapat dilihat pada gambar 2.16 dan 2.17 yang menjelaskan *free body diagram* dari kendaraan belok pada jalan miring.



**Gambar 2. 16** *Free Body Diagram* untuk kendaraan belok pada jalan miring



**Gambar 2.17** *Free body diagram* roda depan saat belok jalan miring

Maka didapatkan persamaan gaya sentrifugal kearah sumbu x dan sumbu y pada roda depan dan roda belakang:

Persamaan gaya sentrifugal pada roda depan :

$$F_{cfx} = \frac{L_r}{L} F_c \sin \beta \quad (2.41)$$

$$F_{cfy} = \frac{L_r}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta ). \quad (2.42)$$

Persamaan gaya sentrifugal pada roda belakang :

$$F_{crx} = \frac{L_f}{L} F_c \sin \beta \quad (2.43)$$

$$F_{cry} = \frac{L_f}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta ) \quad (2.44)$$

Dimana :

$$F_c = m \cdot \frac{V^2}{R} \quad (2.45)$$

Selanjutnya yaitu melakukan analisa gaya longitudinal ( $F_x$ ) dan lateral ( $F_y$ ) yang terjadi pada setiap roda. *Free body diagram* dari gaya-gaya yang terjadi pada roda bagian depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.17

$$F_{x_2} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + (F_{cfx} \cdot \cos \delta_f - F_{cfy} \cdot \sin \delta_f) - R_{rf} \right] \quad (2.46)$$

$$F_{y_2} = \frac{1}{2} \left[ F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f \right] \quad (2.47)$$

$$F_{x_3} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + (F_{cfx} \cdot \cos \delta_f - F_{cfy} \cdot \sin \delta_f) - R_{rf} \right] \quad (2.48)$$

$$F_{y_3} = \frac{1}{2} \left[ F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f \right] \quad (2.49)$$

Persamaan  $F_x$  dan  $F_y$  pada roda belakang, sebagai berikut :

$$F_{x_1} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \left( \frac{L_f}{L} F_{cx} \right) - R_{rr} \right] \quad (2.50)$$

$$F_{y_1} = \frac{F_{cry}}{2} = \frac{L_f}{2.L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta ) \quad (2.51)$$

$$F_{x_4} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Ft}{2} + \left( \frac{L_f}{L} F_{cx} \right) - R_{rr} \right] \quad (2.52)$$

$$F_{y_4} = \frac{F_{cry}}{2} = \frac{L_f}{2.L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta ) \quad (2.53)$$

Setelah mencari gaya longitudinal ( $F_x$ ) dan gaya lateral ( $F_y$ ) pada masing-masing ban, perlu untuk mengetahui gaya vertical ( $F_z$ ) yang terjadi pada kendaraan belok. Ketika kendaraan berbelok maka akan menimbulkan gaya sentrifugal yang terjadi

$$F_{z_2} = \frac{l_r}{2L} ( W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta ) - \frac{l_r}{2L} \left( \frac{F_c . h . \cos \beta . \cos \theta - W . h . \sin \theta + M r f}{0.5 . t_f} \right) + \frac{F_c . h \sin \beta}{2L} \quad (2.58)$$

$$F_{z_3} = \frac{l_r}{2L} ( W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta ) + \frac{l_r}{2L} \left( \frac{F_c . h . \cos \beta . \cos \theta - W . h . \sin \theta + M r f}{0.5 . t_f} \right) + \frac{F_{cg} . h \sin \beta}{2L} \quad (2.59)$$

Dari gambar 2.16 dan 2.17 maka dapat diperoleh persamaan  $F_z$  pada roda belakang, sebagai berikut :

$$F_{z_1} = \frac{l_f}{2L} ( W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta ) - \frac{l_f}{2L} \left( \frac{F_c . h . \cos \beta . \cos \theta - W . h . \sin \theta + M g r}{0.5 . t_r} \right) - \frac{F_c . h \sin \beta}{2L} \quad (2.60)$$



$$F_{Z_4} = \frac{l_f}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) + \frac{l_f}{2L} \left( \frac{F_c \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta - W \cdot h \cdot \sin \theta + Mrr}{0.5 \cdot t_f} \right) - \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{2L} \quad (2.61)$$

Untuk menentukan sudut slip roda depan dan belakang adalah :

$$\alpha_f = \frac{\alpha_{f2} + \alpha_{f3}}{2} \quad (2.62)$$

$$\alpha_r = \frac{\alpha_{r1} + \alpha_{r4}}{2} \quad (2.63)$$

Faktor – factor yang mempengaruhi sudut slip pada ban adalah : kosntruksi ban, gaya lateral (Fy), gaya normal (Fz), tekanan ban dan gaya longitudinal dari ban.

Perumusan sudut slip untuk ban radial baru :

$$\alpha_i = 0,3 \cdot \frac{C_{rp}}{C_{rs}} \cdot \frac{C_{rx}}{C_{ro}} [0,087935 (F_{yi} \alpha)^{0,79008} - 0,005277 (F_{zi})] \quad (2.64)$$

dimana,

$\alpha_i$  = Sudut *slip* yang terjadi pada setiap roda/ban [°]

$F_{y\alpha i}$  = Gaya belok (lateral) yang terjadi pada setiap roda/ban [lb]

$F_{zi}$  = Gaya normal yang terjadi pada setiap roda/ban [lb]

$F_x$  = Gaya longitudinal yang terjadi pada kendaraan [lb]

$$C_{rp} = 3,35 + 5,30 (P) - 0,0916 (P)^2 \quad (2.65)$$

$$C_{rs} = 3,35 + 5,30 (P_s) - 0,0916 (P_s)^2 \quad (2.66)$$

P = Tekanan aktual ban kendaraan [Psi]

$P_s$  = Tekanan standar ban kendaraan [25 Psi]

$$C_{rx} = \left[ \frac{F_{y\alpha i} + 0,107927 (F_x)}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}} \quad (2.67)$$

$$C_{ro} = \left[ \frac{F_{y\alpha i}}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}} \quad (2.68)$$

Ketika :

- a.  $\alpha_f > \alpha_r$ , maka kendaraan akan mengalami *understeer*
- b.  $\alpha_f < \alpha_r$ , maka kendaraan akan mengalami *oversteer*
- c.  $\alpha_f = \alpha_r$ , maka kendaraan akan mengalami netral

### 2.7.3 Analisa understreer (Kus)

Metoda ini dimaksudkan untuk mencari *understeer* indeks ( $K_{us}$ ) dan kecepatan karakteristik ( $V_{ch}$ ). *Understeer* indeks ( $K_{us}$ ) yaitu besaran yang dapat mengidentifikasi perilaku arah dari kendaraan belok. Kecepatan karakteristik ( $V_{ch}$ ) adalah kecepatan maksimum bagi kendaraan *understeer*. Apabila kendaraan *understeer* melebihi kecepatan karakteristiknya, maka kendaraan tersebut akan sangat sulit untuk berbelok.

Persamaan sudut belok roda depan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\delta_f = \frac{a+b}{R} 57,29 + \alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ \quad (2.69)$$

Dengan :

$R$  = Radius belok nyata dari kendaraan

$\alpha_f^\circ$  = Besar sudut slip depan

$\alpha_r^\circ$  = Besar sudut slip belakang

$$\alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ = K_f \cdot \frac{V^2}{R \cdot g} - K_r \cdot \frac{V^2}{R \cdot g} \quad (2.70)$$

$$= (K_f - K_r) \cdot \frac{V^2}{R \cdot g} \quad (2.71)$$

$$= K_{us} \cdot \frac{V^2}{R \cdot g} \quad (2.72)$$

$$K_{us} = (\alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ) \frac{R \cdot g}{V^2} \quad (2.73)$$

dimana :

$K_f$  ,  $K_r$  = Konstanta kekakuan lateral roda depan dan belakang

$K_{us}$  = Indek Understeer

$V$  = Kecepatan Kendaraan Belok

$g$  = percepatan gravitasi

$$\delta_f = \frac{a+b}{R} 57,29 + K_{us} \frac{V^2}{R \cdot g} \quad (2.74)$$

Dari rumusan kinematika didapatkan kecepatan putaran bodi atau yaw ( $\dot{\theta}$ ) sebagai berikut :

$$\dot{\theta} = \frac{V}{R} \quad (2.75)$$

Dengan menggabungkan persamaan (2.74) dan (2.75) , maka :

$$\frac{\dot{\theta}}{\delta_f} = \frac{V}{L \cdot 57,29 + K_{us} \cdot \frac{V}{R}} \quad (2.76)$$

Kecepatan karakteristik didapatkan dari persamaan berikut:

$$V_{ch} = \sqrt{\frac{57,29 \cdot L \cdot g}{K_{us}}} \quad (2.77)$$

Dari persamaan-persamaan di atas didapatkan nilai  $K_{us}$  sebagai berikut, ketika :

- a.  $K_{us} = 0$  , maka kendaraan netral
- b.  $K_{us} = +$  , maka kendaraan *understeer*
- c.  $K_{us} = -$  , maka kendaraan *oversteer*

## 2.7.4 Analisa Skid Kendaraan

### A. Analisa Skid pada Jalan Datar

Pada saat kendaraan berbelok akibat gaya kesamping pada roda depan dan roda belakang maka akan terjadi skid pada roda

depaan atau roda belakang ataupun kedua – keduanya. Jika terjadi skid pada saat berbelok maka akan mengakibatkan kendaraan akan menjadi sulit untuk dikendalikan dan sering penyebab dari suatu kecelakaan lalu lintas. Skid roda depan tidak akan terjadi jika gaya kesamping pada roda depan lebih kecil atau sama dengan gaya gesek. Begitu juga dengan roda belakang, skid tidak akan terjadi jika gaya geseknya masih mampu menahan gaya ke samping / gaya lateral.

$$F_{cfy} = F_{zf} \cdot \mu$$

$$\left(\frac{L_r}{L}\right) F_c \cdot \cos \beta = \frac{L_r}{L} W + \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{L} \cdot \mu \quad (2.78)$$

$$F_{cry} = F_{zr} \cdot \mu$$

$$\left(\frac{L_f}{L}\right) F_c \cdot \cos \beta = \frac{L_f}{L} W + \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{L} \cdot \mu \quad (2.79)$$

Dengan mengoperasikan ruas kanan dan kiri secara matematis maka akan didapatkan formulasi untuk mengetahui batas kecepatan maksimum *skid* roda depan ( $V_{sf}$ ) dan *skid* roda belakang ( $V_{sr}$ ) seperti berikut

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_r (W)}{L_r \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta}} \quad (2.80)$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_f (W)}{L_f \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta}} \quad (2.81)$$

dimana,

- $\mu$  = Koefisien gesek antara ban dengan permukaan jalan
- $V_{sf}$  = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum mengalami *skid* depan [m/s]
- $V_{sr}$  = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum mengalami *skid* belakang [m/s]

## B. Analisa Skid untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring

### - Analisa Skid untuk Roda Depan

Besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak skid untuk kendaraan belok pada jalan miring dirumuskan berdasarkan komponen gaya sentrifugal dan gaya normal dari kendaraan.

#### a. Komponen gaya sentrifugal

$$F_{cf} = \frac{l_r}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta)$$

#### b. Komponen gaya normal

$$F_{zf} = \frac{l_r}{L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) + \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{L}$$

Kondisi kritis dimana roda depan akan mulai skid terjadi apabila :

$$F_{cf} = \mu \cdot F_{zf}$$

Sehingga besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak skid dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{(\mu \cdot l_r \cdot W \cos \theta) + (l_r \cdot W \sin \theta)}{l_r (\cos \beta \cdot \cos \theta - \mu \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) - h \cdot \mu \sin \beta} \right]} \quad (2.82)$$

$$\text{Dengan } F_{cg} = \frac{w v^2}{g \cdot R}$$

Dimana :

$V_{sf}$  = kecepatan maksimum roda depan (m/s)

$R$  = radius belok jalan (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\mu$  = koefisien gesek

$\theta$  = sudut kemiringan melintang ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut *side slip* ( $^\circ$ )

- h = tinggi *center of gravity* kendaraan (m)  
 W = berat total kendaraan (Kg)

- Analisa Skid untuk Roda Belakang

Besarnya kecepatan maksimum pada roda belakang agar kendaraan tidak skid dapat diketahui dengan cara yang sama untuk roda depan yaitu berdasarkan komponen gaya sentrifugal dan gaya normal dari kendaraan.

a. Komponen gaya sentrifugal

$$F_{cr} = \frac{l_f}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta )$$

b. Komponen gaya normal

$$F_{zr} = \frac{l_f}{L} ( W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta ) - \frac{F_c \cdot h \sin \beta}{L}$$

Kondisi kritis dimana roda belakang akan mulai skid terjadi apabila :  $F_{cr} = \mu \cdot F_{zr}$

Sehingga besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak skid dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{(\mu \cdot l_f \cdot W \cos \theta) + (l_f \cdot W \sin \theta)}{l_r (\cos \beta \cdot \cos \theta - \mu \cos \beta \cdot \sin \theta) - h \cdot \mu \sin \beta} \right]} \quad (2.83)$$

Dengan  $F_{cg} = \frac{w v^2}{g \cdot R}$

$V_{sr}$  = kecepatan maksimum roda belakang (m/s)

Secara umum :

Jika  $V_{sf} > V_{sr}$  , skid roda belakang akan terjadi sebelum skid roda depan dan kendaraan cenderung *oversteer*.

Jika  $V_{sf} < V_{sr}$  , skid roda depan akan terjadi sebelum skid roda belakang dan kendaraan cenderung *understeer*.

### 2.7.5 Analisa Guling Kendaraan

#### A. Analisa Guling untuk Kendaraan Belok pada Jalan Datar

Analisa guling bertujuan untuk mencari kondisi terangkatnya salah satu roda depan atau roda belakang. Jika satu roda depan terangkat maka kendaraan mengalami kondisi *understeer*, untuk roda belakang yang terangkat maka kendaraan mengalami kondisi *oversteer* dan apabila roda depan dan roda belakang terangkat maka kendaraan akan mengalami kondisi guling total

Dapat diketahui bahwa kendaraan akan mengalami kondisi terguling depan jika,

$$F_{z2} = 0$$

$$\frac{L_r}{2L} W - \frac{F_{cfy} \cdot h}{t_f} - \frac{M_{gf}}{t_f} = 0$$

Dengan mengoperasikan ruas kanan dan kiri secara matematis maka akan didapatkan formulasi untuk mengetahui batas kecepatan maksimum kendaraan terguling depan yaitu sebagai berikut,

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{0.5lr(W) - lr \frac{M_{gf}}{t_f}}{\frac{lr \cdot h \cdot \cos \beta}{t_f} - 0.5h \cdot \sin \beta}} \quad (2.84)$$

Dengan metode yang sama maka dapat diketahui pula bahwa kendaraan akan mengalami kondisi terguling belakang jika,

$$F_{z1} = 0$$

$$\frac{L_f}{2L} W - \frac{F_{cry} \cdot h}{t_r} - \frac{M_{gr}}{t_r} = 0$$

sehingga,

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{0.5lf(W) - lf \frac{Mgr}{tf}}{\frac{lf \cdot h \cdot \cos \beta}{tr} - 0.5h \cdot \sin \beta}} \quad (2.85)$$

dimana,

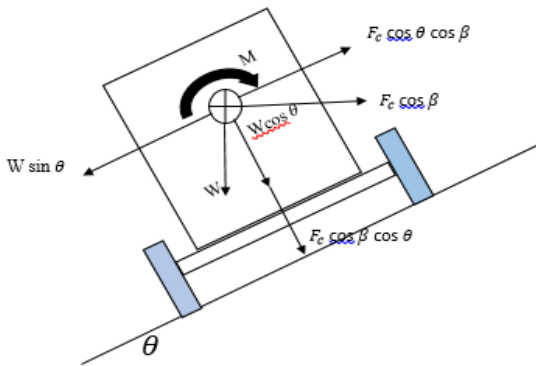
$V_{gf}$  = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum roda depan terguling [m/s]

$V_{gr}$  = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum roda belakang terguling [m/s].

## B. Analisa Guling untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring

### - Analisa Guling untuk Roda Depan

Untuk mencari analisa guling untuk kendaraan belok pada jalan miring dapat dihitung dan diketahui persamaan matematisnya melalui *free body diagram* pada gambar 2.18. Pada gambar tersebut dapat dilihat, gaya sentrifugal yang menjauhi titik putar kendaraan akan dilawan oleh berat dari kendaraan tersebut



**Gambar 2. 18** *Free Body Diagram* untuk kendaraan belok pada jalan miring



Berdasarkan gambar 2.18, maka besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 2 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_{Z_2} = \frac{l_r}{L} (W \cos \theta + F_{cg} \cos \beta \sin \theta) - \frac{l_r}{L} \left( \frac{F_{cg} \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta - W \cdot h \cdot \sin \theta + M_{ra}}{0.5 \cdot t_f} \right) + \frac{F_{cg} \cdot h \sin \beta}{L}$$

Kondisi kritis roda depan akan mulai terjadi apabila :  $F_{Z_2} = 0$

Sehingga kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{0.5 l_r \cdot (W \cos \theta) - \frac{l_r \cdot (h \cdot W \cdot \sin \theta - M_{gf})}{t_f}}{l_r \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta / t_f - 0.5 (l_r \cos \beta \cdot \sin \theta + h \cdot \sin \beta)} \right]} \quad (2.86)$$

$$\text{Dengan } F_c = \frac{w v^2}{g \cdot R}$$

Dimana :

$V_{gf}$  = kecepatan maksimum kendaraan yang diizinkan agar roda depan tidak guling (m/s)

R = radius belok jalan (m)

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\theta$  = sudut kemiringan melintang ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut *side slip* ( $^\circ$ )

h = tinggi *center of gravity* kendaraan (m)

$t_f$  = lebar *track* depan (m)

W = berat total kendaraan (Kg)

- *Analisa Guling untuk Roda Belakang*

Berdasarkan gambar 2.18 maka besarnya kecepatan maksimum agar roda belakang tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 1 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_{Z1} = \frac{l_f}{L} (W \cos \theta + F_{cg} \cos \beta \sin \theta) - \frac{l_f}{L} \left( \frac{F_{cg} \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta - W \cdot h \cdot \sin \theta + M_{ra}}{0.5 \cdot t_f} \right) - \frac{F_{cg} \cdot h \sin \beta}{L}$$

Kondisi kritis roda belakang akan mulai terjadi apabila :  $F_{Z1} = 0$

Sehingga kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{0.5 l_f \cdot (W \cos \theta) - \frac{l_f \cdot (h \cdot W \sin \theta - M_{gr})}{t_r}}{l_f \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta / t_r - 0.5 (l_f \cos \beta \cdot \sin \theta - h \cdot \sin \beta)} \right]} \quad (2.87)$$

$$\text{Dengan } F_{cg} = \frac{w v^2}{g \cdot R}$$

Dimana :

$V_{gr}$  = Kecepatan maksimum kendaraan yang diizinkan agar roda belakang tidak guling (m/s)

$t_r$  = lebar *track* belakang (m)

Secara umum :

Jika  $V_{gf} > V_{gr}$  , satu roda belakang terangkat sebelum satu roda depan terangkat dan kendaraan cenderung *oversteer*.

Jika  $V_{gf} < V_{gr}$ , satu roda depan terangkat sebelum satu roda belakang terangkat dan kendaraan cenderung *understeer*.

## 2.8 Pengujian Dengan Radius Belok Tetap untuk Mencari Nilai $K_{US}$ Kendaraan

Konsep dasar pada metode pengujian ini adalah persamaan berikut,

$$\delta_f = \frac{\delta_{sw}}{G} = \frac{(L_f + L_r)}{R} 57,29 + K_{US} \cdot \frac{V^2}{g \cdot R} \quad (2.88)$$

dimana,

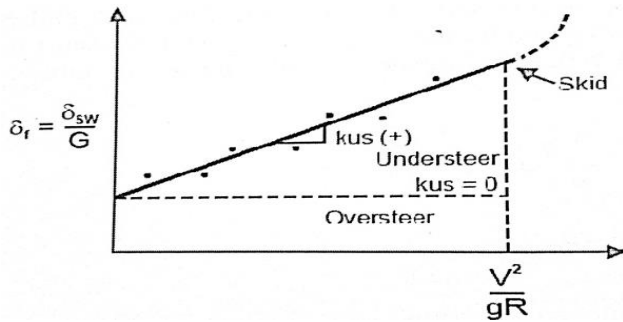
$\delta_{sw}$  = Sudut putar roda kemudi

$G$  = Perbandingan sudut putar roda kemudi dan sudut putar roda depan

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Menentukan radius belok  $R$  yang akan dijaga konstan selama pengujian.
- Membelokkan kendaraan pada kecepatan tertentu ( $V_1$ ), dan mempertahankannya sampai membentuk lingkaran dengan radius  $R$ . kemudian mencatat sudut beloknya ( $\delta_{f1}$ ).
- Menaikkan kecepatan belok kendaraan sampai kecepatan tertentu ( $V_2$ ), dan mempertahankannya sampai membentuk lingkaran dengan radius  $R$ . kemudian mencatat sudut beloknya ( $\delta_{f2}$ ).
- Mengulangi langkah c hingga beberapa kali sampai kendaraan mengalami *skid*.
- Mengeplotkan data-data pengujian yang berupa sudut belok ( $\delta_f$ ) dan kecepatan belok ( $V$ ) dalam bidang absis ( $\frac{V^2}{g \cdot R}$ ) dan ordinat ( $\delta_f$ ) seperti pada gambar 2.19.
- Membuat garis lurus dengan regresi linear terhadap data-data hasil pengujian di atas. Besarnya nilai  $K_{US}$  merupakan *slope* dari

garis lurus yang dibuat dari data-data di atas. Jika ia *understeer* maka dapat dihitung nilai kecepatan karakteristiknya ( $V_{ch}$ ).



**Gambar 2.19.** Kurva hasil pengujian dengan metode radius belok tetap

Sumber : Buku Teknologi Konstruksi Otomotif, 2010

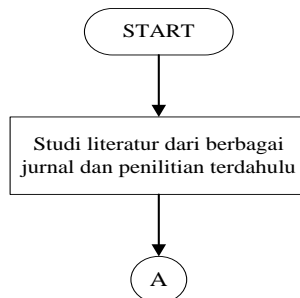
## **BAB III METODOLOGI**

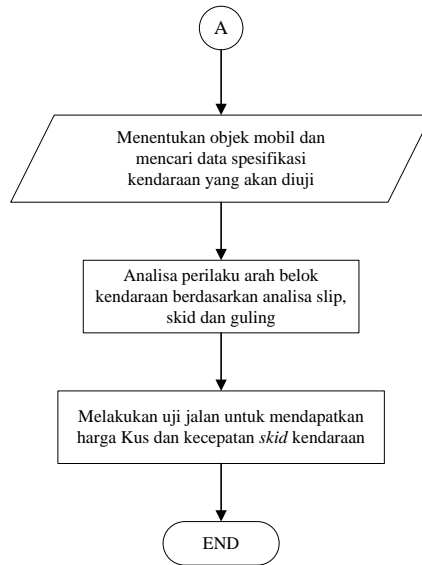
### **3.1 Prosedur Penelitian**

Untuk menyusun tugas akhir ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

1. Tahap pertama adalah mencari studi literature dari berbagai jurnal ilmiah, penelitian terdahulu dan buku yang berhubungan dengan kestabilan perilaku arah kendaraan
2. Tahap kedua yaitu menentukan objek mobil yang akan dianalisa, dalam penelitian ini mobil yang digunakan adalah Toyota Agya G
3. Tahap ketiga yaitu pengumpulan data spesifikasi dari mobil Toyota Agya G.
4. Tahap keempat yaitu melakukan analisa kestabilan arah kendaraan berdasarkan analisa slip, skid dan guling. Kemudian dilakukan eksperimen uji jalan agar dibandingkan dengan hasil perhitungan.

### **3.2 Flowchart Penelitian**





### 3.3 Prosedur perhitungan

Dalam perhitungan stabilitas arah mobil Toyota Agya perlu dilakukan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Mencari data-data dari spesifikasi mobil Toyota Agya yang digunakan dalam perhitungan sebagai data input, meliputi : titik *center of gravity* (CG), berat kendaraan dan ukuran ban
2. Mengumpulkan data yang akan divariasikan seperti variasi sudut belok, kecepatan, kemiringan melintang jalan , jumlah penumpang dan kondisi permukaan jalan
  - Jumlah penumpang divariasikan yaitu : 1, 2, 3 dan 4 orang dengan berat badan diasumsikan masing-masing 70 kg
  - Sudut belok yang divariasikan :  $5^0$ ,  $7^0$ ,  $9^0$ ,  $11^0$ ,  $13^0$ ,  $15^0$ ,  $17^0$ ,  $19^0$ ,  $21^0$ ,  $23^0$  dan  $25^0$

- Kecepatan yang divariasikan : 10 km/jam, 15 km/jam, 20 km/jam, 25 km/jam, 30 km/jam, 45 km/jam dan 50 km/jam
  - Sudut Kemiringan Melintang jalan yang divariasikan :  $2.29^0$  ,  $3.43^0$  ,  $4.57^0$  , dan  $5.7^0$
  - Keadaan aspal yang digunakan adalah aspal basah dan aspal kering dengan koefisien adhesi :
    - $\mu$  jalan aspal kering  $= 0,9$
    - $\mu$  jalan aspal basah  $= 0,7$
3. Mencari perubahan letak *center of gravity* akibat penambahan berat penumpang :
- $$W_r \cdot L = W_p \cdot a + W_k \cdot l_f + W_m \cdot b$$

$$l_f' = \frac{W_r \cdot L}{W_t}$$

$$h_r = \frac{W_{f\theta} \cdot L - W l_r}{W \tan \theta}$$

$$h_r' = \frac{W \cdot h_r + W_p \cdot h_p}{W + W_p}$$

$$h_r'' = \frac{(W + W_p) \cdot h_r' + W_m \cdot h_m}{W + W_p + W_m}$$

$$h = h_r'' + 0,5 D_{roda}$$

4. Mencari Radius belok *ackerman* kendaraan dengan

$$R_{ack} = \left( \frac{L}{\delta_f} \right) 57,29$$

5. Mencari sudut side slip kendaraan dengan

$$\beta = \arcsin \left( \frac{l_r}{R_{ack}} \right)$$

6. Menghitung besarnya gaya sentrifugal ( $F_c$ )

$$F_c = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R}$$

7. Menghitung hambatan *rolling* yang terjadi pada kendaraan dengan persamaan :

$$R_r = f_r \cdot W$$

8. Menghitung momen guling ( $M_g$ ) yang terjadi pada kendaraan
9. Menghitung gaya reaksi yang diterima oleh tiap-tiap ban pada arah sumbu x,y dan z pada jalan datar dan jalan miring
10. Menghitung kecepatan maksimum kendaraan berdasarkan analisa guling pada kondisi jalan datar dan jalan miring
- Kecepatan maksimum guling jalan datar :

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{0.5l_r(W) - l_r \frac{Mgf}{t_f}}{\frac{l_r \cdot h \cdot \cos \beta}{t_f} - 0.5h \cdot \sin \beta}}$$

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{0.5l_r(W) - l_r \frac{Mgf}{t_f}}{\frac{b \cdot h \cdot \cos \beta}{t_f} - 0.5h \cdot \sin \beta}}$$

Kecepatan maksimum guling kemiringan melintang jalan:

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{0.5l_r \cdot (W \cos \theta) - \frac{l_r \cdot (h \cdot W \cdot \sin \theta - Mgf)}{t_f}}{l_r \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta / t_f - 0.5(l_r \cos \beta \cdot \sin \theta + h \cdot \sin \beta)} \right]}$$

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{0.5l_f \cdot (W \cos \theta) - \frac{l_f \cdot (h \cdot W \cdot \sin \theta - Mgr)}{t_r}}{l_f \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta / t_r - 0.5(l_f \cos \beta \cdot \sin \theta - h \cdot \sin \beta)} \right]}$$

11. Menghitung kecepatan maksimum kendaraan berdasarkan analisa skid



Kecepatan maksimum skid jalan datar

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot l_r (W)}{l_r \cos \beta - \mu \cdot h \sin \beta}}$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot l_f (W)}{l_f \cos \beta - \mu \cdot h \sin \beta}}$$

Kecepatan maksimum skid jalan miring

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{(\mu \cdot l_r \cdot W \cos \theta) + (l_r \cdot W \sin \theta)}{l_r (\cos \beta \cdot \cos \theta - \mu \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) - h \cdot \mu \sin \beta} \right]}$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[ \frac{(\mu \cdot l_f \cdot W \cos \theta) + (l_f \cdot W \sin \theta)}{l_r (\cos \beta \cdot \cos \theta - \mu \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) - h \cdot \mu \sin \beta} \right]}$$

12. Menghitung sudut slip tiap ban ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ), sudut slip roda depan  $\alpha_f$  merupakan rata-rata dari kedua sudut slip pada ban roda depan sebelah kiri dan kanan  $\frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2}$ . Begitu juga menghitung sudut slip roda belakang  $\frac{(\alpha_3 + \alpha_4)}{2}$ .

13. Menghitung radius belok nyata

$$R_n = \frac{a+b}{\delta_f + \alpha_r - \alpha_f} 57,29$$

14. Menghitung besarnya *understeer indeks* (Kus)

$$K_{us} = (\alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ) \frac{R \cdot g}{V^2}$$

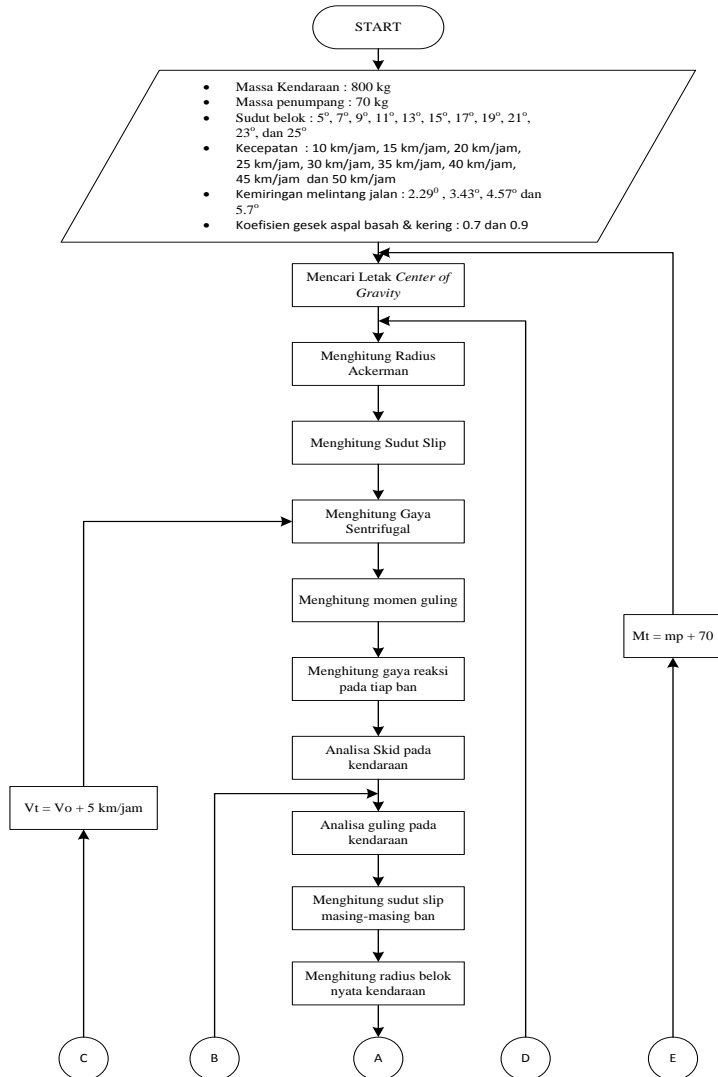
15. Analisa kondisi kendaraan apakah mengalami *understeer*, *oversteer* atau netral

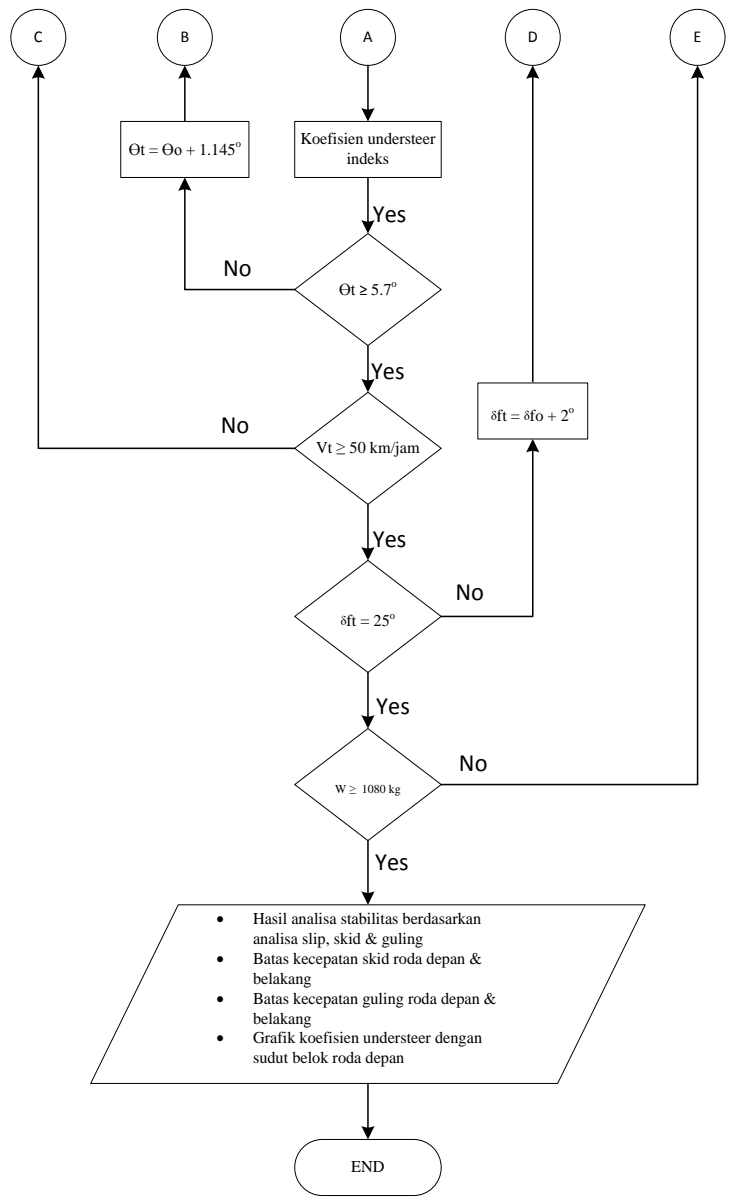
16. Mendapatkan output dari analisa kestabilan arah mobil Toyota Agya:

- Tabel perilaku kendaraan *understeer* atau *oversteer* dari analisa guling, analisa *skid*, dan analisa slip.

- Batas kecepatan maksimum skid roda depan maupun roda belakang kendaraan
- Batas kecepatan maksimum guling roda depan maupun roda belakang kendaraan,
- Grafik antara nilai *understeer indeks* dengan sudut belok rata-rata roda depan.

### 3.4 Flowchart Perhitungan





### 3.5 Prosedur Uji Jalan Kendaraan dengan Metode Radius Belok Tetap

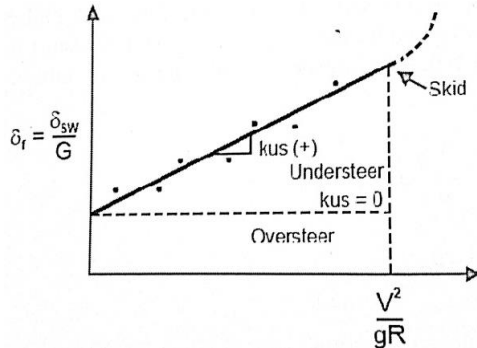
Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mengetahui perilaku arah kendaraan pada mobil Toyota Agya dengan metode radius belok tetap adalah sebagai berikut:

1. Menentukan radius belok ( $R$ ) yang akan dijaga konstan selama pengujian.
2. Menjalankan kendaraan pada jalan aspal
3. Membelokkan kendaraan dengan kecepatan tertentu ( $V_1$ ), dan mempertahankannya sampai membentuk lingkaran dengan radius yang telah ditentukan ( $R = 10$  m) kemudian mencatat sudut beloknya ( $\delta_{f1}$ ).
4. Menaikkan kecepatan belok kendaraan hingga mencapai kecepatan tertentu ( $V_2$ ), dan mempertahankannya sampai membentuk lingkaran dengan radius  $R$ . kemudian mencatat sudut beloknya ( $\delta_{f2}$ ).
5. Mengulangi langkah 3 hingga beberapa kali sampai kendaraan mengalami *skid*.
6. Mencatat data hasil pengujian pada tabel seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1 sebagai berikut.

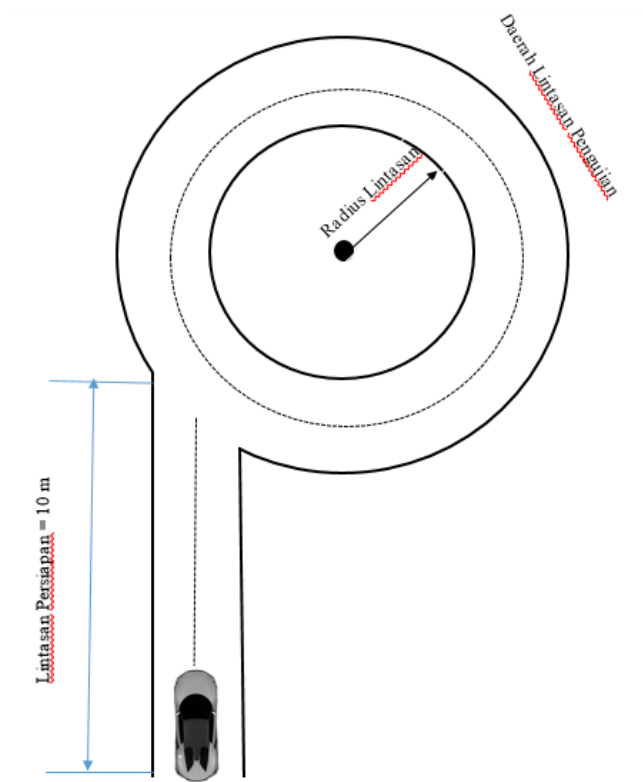
**Tabel 3.1.** Contoh data hasil uji jalan kendaraan dengan metode radius belok tetap.

$V(m/s)$	$\delta_f(^{\circ})$	$V^2/Rg$
$V_1$	$\delta_{f1}$	$V_1^2/Rg$
$V_2$	$\delta_{f2}$	$V_2^2/Rg$
$V_3$	$\delta_{f3}$	$V_3^2/Rg$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
$V_n$	$\delta_{fn}$	$V_n^2/Rg$

7. Mengeplotkan data-data pengujian yang berupa sudut belok ( $\delta_f$ ) dan kecepatan belok ( $V$ ) dalam bidang absis ( $\frac{V^2}{g \cdot R}$ ) dan koordinat ( $\delta_f$ ) seperti pada gambar 3.1.
8. Membuat garis lurus dengan regresi linear terhadap data-data hasil pengujian di atas. Besarnya nilai  $K_{US}$  merupakan *slope* dari garis lurus yang dibuat dari data-data di atas.

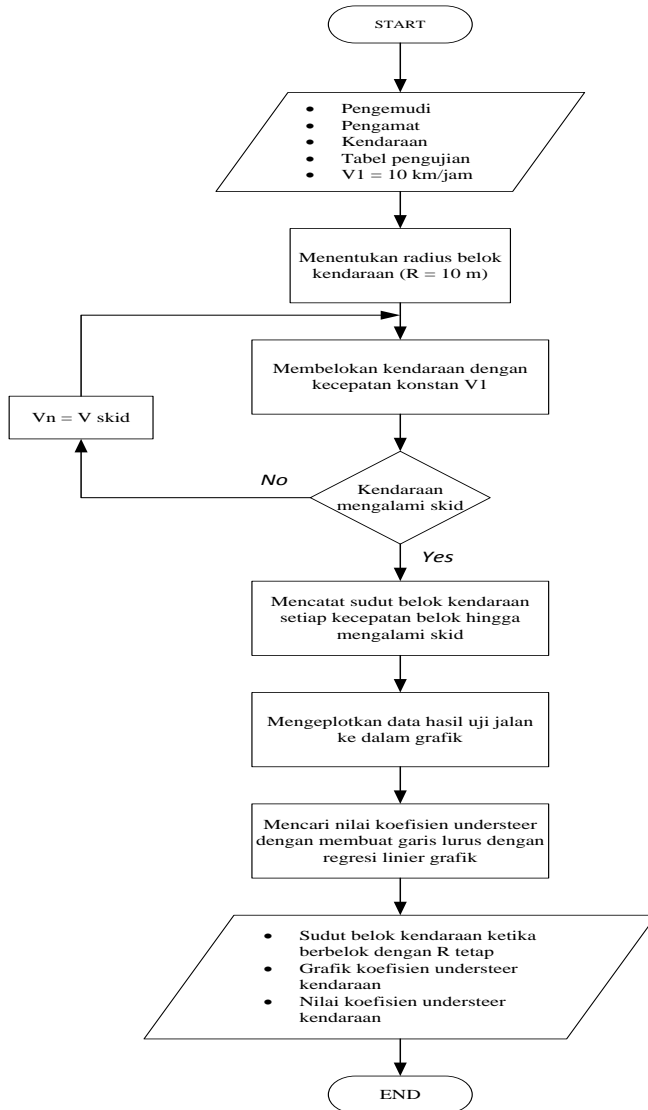


**Gambar 3.1.** Kurva hasil pengujian dengan radius belok tetap



**Gambar 3.2** Lintasan Uji Jalan

### 3.6 Flowchart Uji Jalan Kendaraan dengan Metode Radius Belok Tetap





## **BAB 4**

### **HASIL & PEMBAHASAN**

#### **4.1 Spesifikasi Kendaraan**

Untuk melakukan perhitungan tentang perilaku arah belok kendaraan, hal yang harus dilakukan adalah mengetahui spesifikasi kendaraan terlebih dahulu. Adapun spesifikasi dari mobil Toyota Agya yang menjadi bahan penelitian adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Data spesifikasi Mobil Toyota Agya**

Spesifikasi Toyota Agya G	
DIMENSI	
Overall Panjang / Length	3600 mm
Overall Lebar / Width (mm)	1620 mm
Overall Tinggi / Height (mm)	1520 mm
Jarak Poros Roda / Wheelbase (L)	2450 mm
Jarak Pijak / Tread (Depan/Front) (mm) (TF)	1410 mm
Jarak Pijak / Tread (Belakang / Rear) (mm) (TR)	1405 mm
Radius Putar / Rack	4400 mm
Jarak suspensi depan (bf)	1000 mm
Jarak suspensi belakang (br)	1000 mm

MASSA	
Massa Total (M)	840 kg
Massa Kendaraan bagian depan (Mf)	509.5 kg
Massa Kendaraan bagian depan (Mr)	330.5 kg

SUSPENSI	
Suspensi Depan / Front Suspension	MacPherson Struts dengan pegas koil
Suspensi Belakang / Rear Suspension	Semi independent torsion axle beam dengan pegas koil
Koefisien Pegas Depan (Ksf)	29600 N/m
Koefisien Pegas Belakang (Ksr)	22000 N/m

Ban	
Tipe Ban	175/65 R14 with steel & wheel cap
Jenis ban	Radial
Diameter velg	14 in
Lebar ban	175 mm

Setelah mengetahui spesifikasi kendaraan, selanjutnya mencari letak posisi titik berat dari mobil (*center of gravity*) dalam kondisi kosong atau tanpa penumpang. Untuk mencari letak titik berat mobil dapat dilakukan dengan menimbang massa mobil

bagian depan dan belakang pada posisi datar. Dan untuk mencari posisi tinggi titik berat mobil dapat dilakukan dengan mendongkrak bagian belakang mobil dengan sudut kemiringan tidak terlalu besar. Cara ini dapat dilihat pada gambar 4.1



**Gambar 4.1.** a) Menimbang massa mobil pada posisi datar. b) Menimbang massa mobil pada posisi miring.

Pada tahap pencarian posisi titik berat mobil tanpa penumpang dengan kedua cara tersebut didapatkan hasil sebagai berikut:

- $W_f = 4998.195 \text{ N}$
- $W_r = 3242.205 \text{ N}$

- $W_{f0} = 5071.77 \text{ N}$

Berdasarkan persamaan 2.3, maka dapat didapatkan bahwa,

- $L_f = 0.963 \text{ m}$
- $L_r = 1,486 \text{ m}$

Untuk menentukan tinggi titik berat mobil, maka mobil ditimbang dengan posisi miring seperti tampak pada gambar 4.1b) dengan ketinggian sebesar 11 cm, yang mana dengan ketinggian tersebut dapat memberikan sudut tukan sebesar  $2.57^\circ$ . Kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 2.6 dan 2.7 maka didapatkan tinggi titik berat mobil Toyota Agya berada pada 0,3 m di atas tanah.

**Tabel 4.2.** Letak posisi titik berat mobil setelah diberikan penambahan massa penumpang.

Jumlah Penumpang	a (m)	Massa Penumpang (Kg)	Lf (m)	Lr (m)	h (m)
1	1,2	70	0.982	1,468	0,325
2	1,2	140	0.998	1.452	0.345
3	2,2	210	1.148	1.302	0.378
4	2,2	280	1.314	1.136	0.415

Data mengenai beberapa variasi dalam menentukan stabilitas arah yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui perilaku arah belok kendaraan adalah sebagai berikut.

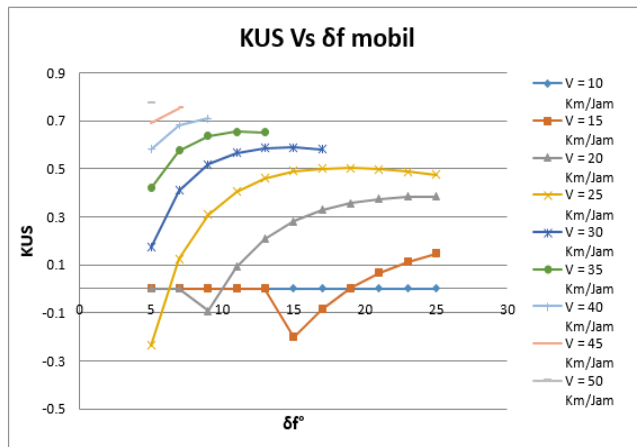
- Sudut belok yang divariasikan :  $5^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $11^\circ$ ,  $13^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $17^\circ$ ,  $19^\circ$ ,  $21^\circ$ ,  $23^\circ$  dan  $25^\circ$
- Kecepatan yang divariasikan : 10 km/jam, 15 km/jam, 20 km/jam, 25 km/jam, 30 km/jam, 45 km/jam dan 50 km/jam

- Sudut Kemiringan Melintang jalan yang divariasikan :  $2.29^0$  ,  $3.43^0$  ,  $4.57^0$  , dan  $5.7^0$
- Tekanan udara ban depan 30 Psi dan ban belakang 32 Psi.
- Koefisien adhesi aspal kering : 0.9, aspal basah : 0.7 dan  $f_{ra} = 0,08$

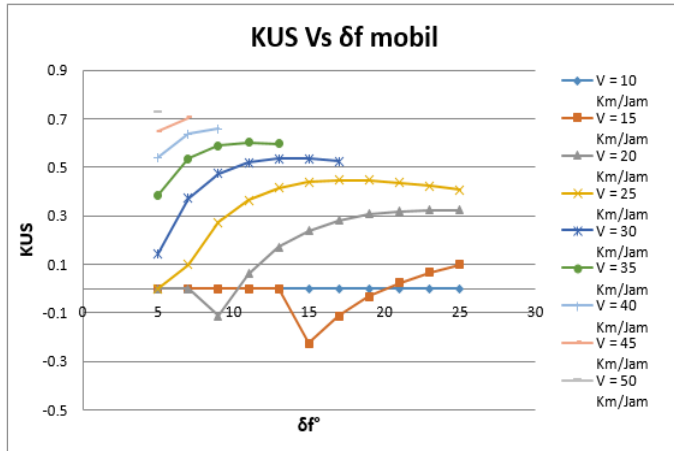
## 4.2 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan

### 4.2.1 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang pada Jalan Datar

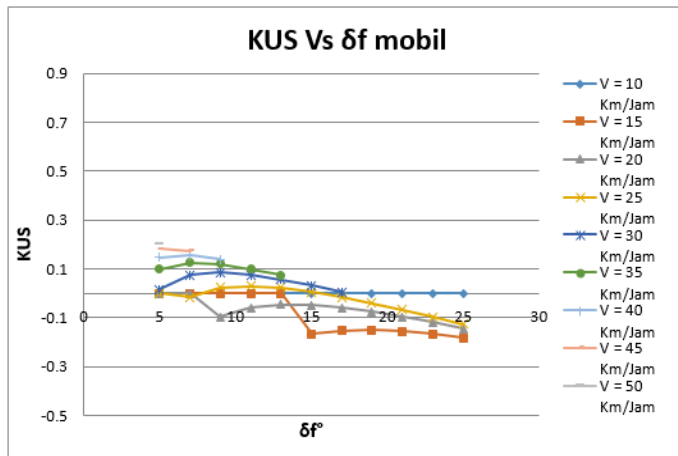
Setelah mendapatkan data massa mobil dan letak *center of gravity*, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan perilaku arah kendaraan yang diteliti. Berikut ini merupakan grafik nilai Koefisien *Understeer* ( $K_{US}$ ) dari mobil Toyota Agya dengan berbagai variasi jumlah penumpang pada jalan aspal datar. Pada grafik dibawah ini menunjukkan besarnya harga nilai koefisien *understeer* terhadap sudut belok kendaraan.



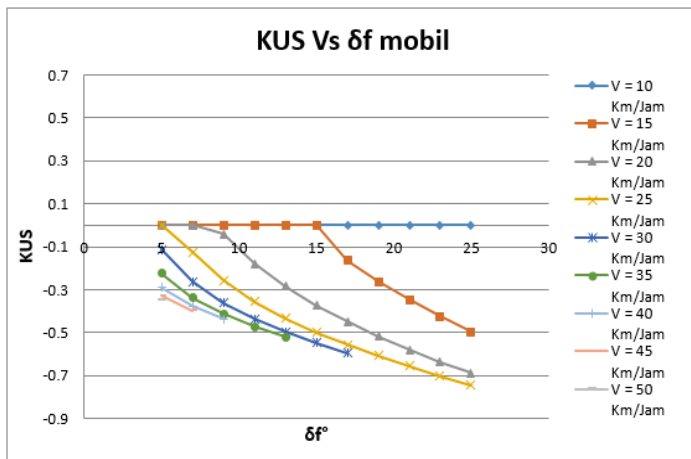
**Gambar 4.2.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^0$  mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada jalan aspal datar



**Gambar 4.3.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 2 orang penumpang pada jalan aspal datar



**Gambar 4.4.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 3 orang penumpang pada jalan aspal datar



**Gambar 4.5.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 4 orang penumpang pada jalan datar

Grafik diatas merupakan perbandingan nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  pada mobil Toyota Agya pada jalan aspal datar dengan variasi jumlah penumpang adalah 1, 2, 3 dan 4 orang. Berdasarkan nilai Kus pada grafik yang ditunjukkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa mobil Toyota Agya akan mengalami perilaku arah netral, *understeer* dan *oversteer* dengan variasi penumpang 1, 2 dan 3 orang. Sedangkan pada penumpang yang berjumlah 4 orang, mobil tersebut akan mengalami kondisi netral dan *oversteer*.

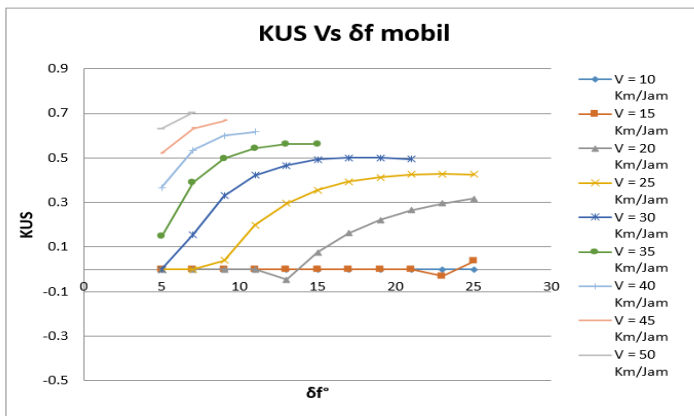
Kondisi belok *understeer* terjadi dimana kendaraan sulit untuk dibelokkan. Sehingga dibutuhkan sudut steer yang lebih untuk belok pada radius tertentu. Understeer ditandai dengan mobil yang cenderung lurus, meski setir sudah dibelokkan. Kondisi *oversteer* terjadi dimana kendaraan lebih responsif saat dibelokkan. Kondisi ini sangat berbahaya karena merupakan factor

terjadinya kecelakaan. Karena pada kondisi ini pengemudi akan “*lost of control*” pada kendaraan tersebut.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi stabilitas arah paling baik adalah dengan 2 orang penumpang. Hal ini dikarenakan harga Koefisien *understeer* yang paling kecil dan mengalami kondis *oversteer* lebih sedikit sehingga relatif aman. Untuk pengemudi agar lebih hati – hati jika mengendarai Toyota Agya dengan 3 dan 4 penumpang karena memiliki kondisi *oversteer* yang cukup banyak

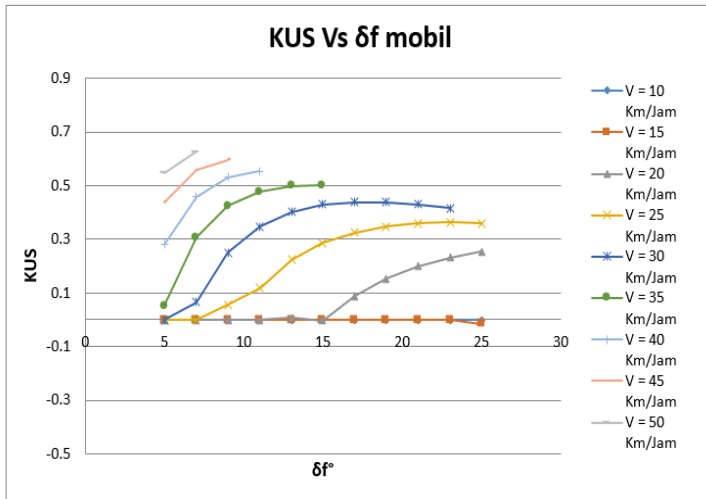
#### 4.2.2 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang pada Kemiringan Melintang Jalan

Berikut ini merupakan grafik nilai Koefisien *Understeer* ( $K_{US}$ ) dari mobil Toyota Agya dengan berbagai variasi jumlah penumpang pada kemiringan melintang jalan aspal datar. Pada grafik dibawah ini menunjukkan besarnya harga nilai koefisien *understeer* terhadap sudut belok kendaraan. Setiap penambahan penumpang akan mendapat nilai  $K_{US}$  yang berbeda - beda.

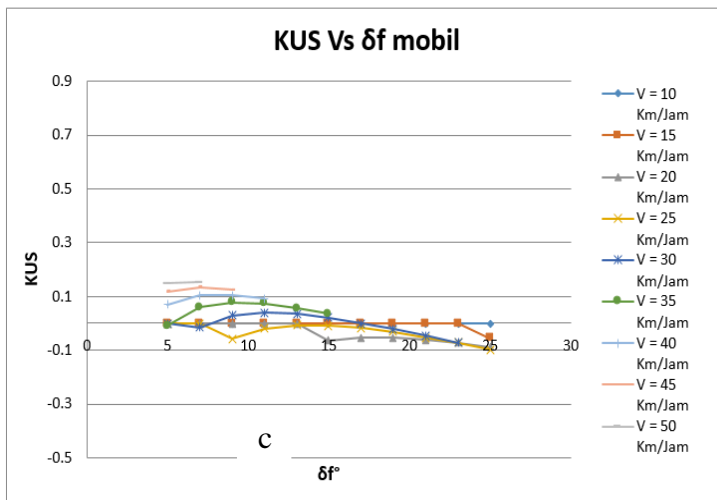


**Gambar 4.6.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 1 orang penumpang pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$

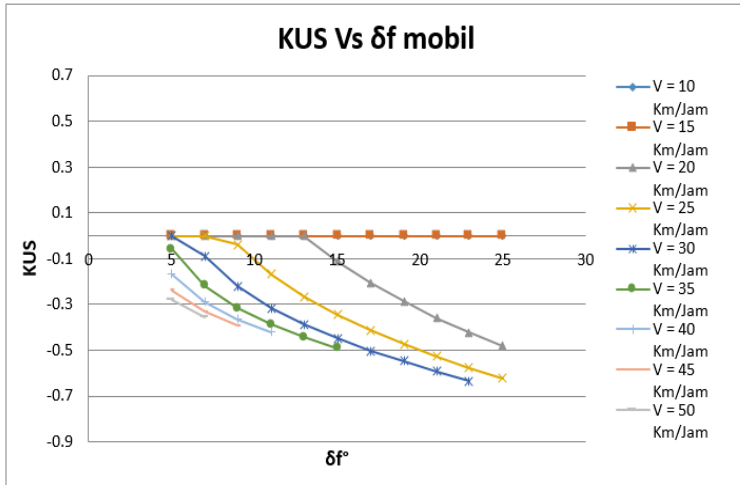




**Gambar 4.7.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 2 orang penumpang pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$



**Gambar 4.8.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 3 orang penumpang pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$  penumpang



**Gambar 4.9.** Grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  mobil Toyota Agya dengan 4 orang penumpang pada kemiringan jalan 5.7° penumpang

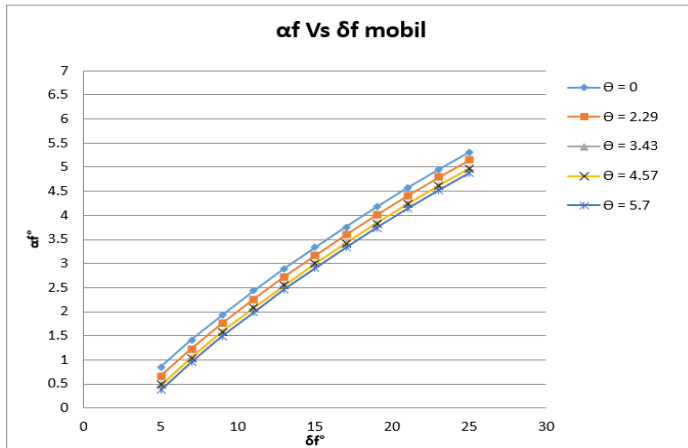
Grafik diatas merupakan perbandingan nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  pada mobil Toyota Agya pada kemiringan melintang jalan aspal dengan variasi jumlah penumpang adalah 1, 2, 3 dan 4 orang dengan kemiringan melintang sebesar 5.7°. Berdasarkan nilai  $K_{US}$  pada grafik yang ditunjukkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa mobil Toyota Agya akan mengalami perilaku arah netral, *understeer* dan *oversteer* dengan variasi penumpang 1, 2, dan 3 orang pada kemiringan jalan 5.7°. Sedangkan pada penumpang yang berjumlah 4 orang pada kemiringan yang sama, mobil tersebut akan mengalami kondisi netral dan *oversteer*. Dari grafik diatas juga dapat diketahui bahwa ketika mobil dinaiki 2 penumpang harga  $K_{US}$  nya lebih rendah dan kondisi *oversteer* nya lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah penumpang yang lainnya. Sehingga ketika mobil dinaiki oleh 2 orang penumpang relatif lebih aman.

Dari hasil grafik diatas, dapat diketahui perbandingan grafik nilai  $K_{US}$  Vs  $\delta f^\circ$  pada jalan datar dan kemiringan melintang jalan. Nilai  $K_{US}$  pada jalan datar lebih besar dibandingkan dengan nilai  $K_{US}$  kemiringan melintang jalan. Dari grafik diatas juga dapat diketahui bahwa jalan datar lebih mudah *skid* dibandingkan dengan jalan miring. Hal ini dapat dilihat oleh gambar 4.2 (b) dan 4.3 (b) pada 2 penumpang jalan datar hanya sampai kecepatan 30 km/jam dengan sudut belok  $17^\circ$ . Sedangkan pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$  harga  $K_{US}$  nya sampai kecepatan 30 km/jam dengan sudut belok  $23^\circ$ . Kondisi skid ini terjadi karena gaya gesek pada ban tidak dapat menahan gaya lateral yang terjadi. Semakin tinggi kemiringan jalan, maka gaya lateral semakin rendah sehingga meminimalisir terjadinya *skid* pada kendaraan. Karena semakin tinggi kecepatan kendaraan untuk terjadinya *skid*, maka semakin aman kendaraan tersebut.

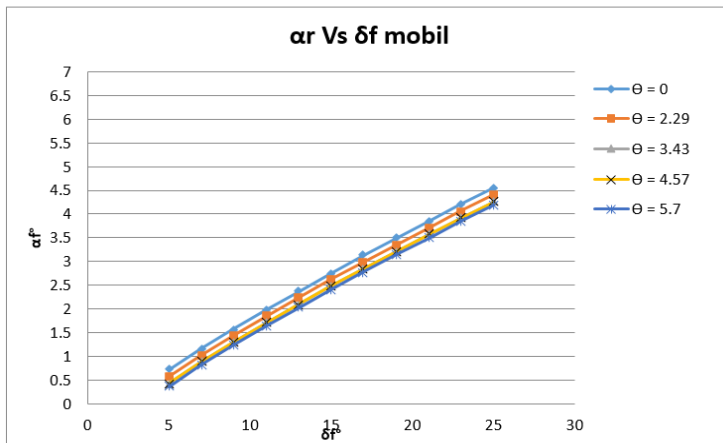
#### **4.3 Analisa Slip Perilaku Arah Belok Kendaraan**

##### **4.3.1 Analisa Besarnya Sudut Slip yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Sudut Kemiringan Jalan**

Analisa untuk mengetahui bagaimana pengaruh kemiringan melintang jalan terhadap sudut slip yang terjadi pada kendaraan sangat penting dilakukan, agar mengetahui kemiringan jalan yang seperti apa sesuai dengan standar jalan perkotaan. Pada grafik 4. dan 4. merupakan sudut slip rata – rata yang terjadi pada ban depan dan sudut slip rata – rata yang terjaidi pada ban belakang pada kecepatan 25 km/jam dengan 2 penumpang. Didapatkan grafik antara sudut slip dengan sudut belok untuk variasi sudut kemiringan jalan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.10** Grafik sudut slip roda depan ( $\alpha_f$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang  $V = 35$  km/jam dengan variasi kemiringan melintang jalan



**Gambar 4.11** Grafik sudut slip roda belakang ( $\alpha_r$ ) dengan sudut belok ( $\delta_f$ ) mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang pada kecepatan 35 km/jam dengan variasi kemiringan melintang jalan

Dari grafik diatas menunjukkan nilai antara sudut slip dan sudut belok kendaraan pada variasi kemiringan jalan yang berbeda. Dari kedua grafik tersebut dapat dilihat *trendline* nya bahwa semakin besar sudut belok yang diberikan, maka semakin besar juga sudut slip yang terjadi pada ban.

Dari kedua grafik diatas juga dapat dilihat sudut slip yang memiliki harga terbesar terjadi pada jalan datar. Sedangkan pada kemiringan jalan dengan sudut  $5.7^\circ$  memiliki nilai sudut slip yang kecil. Sudut slip yang terjadi pada ban karena adanya gaya lateral. Semakin besar gaya lateralnya maka kemungkinan ban terjadi slip semakin besar. Dengan persamaan gaya lateral ban depan ( $F_{cfy}$ ) dan ban belakang ( $F_{cry}$ )

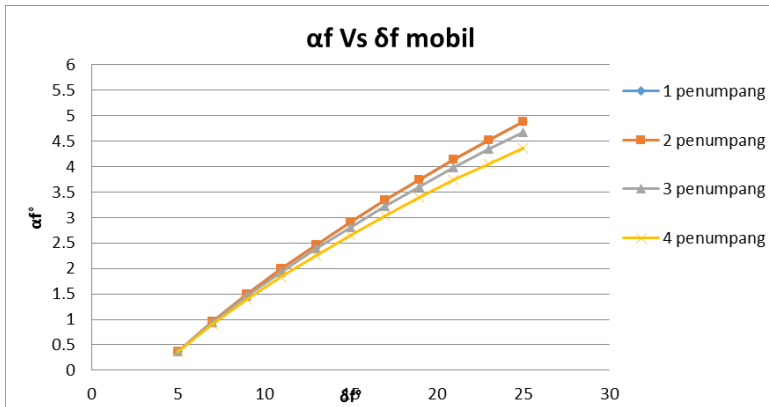
$$F_{cfy} = \frac{l_r}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta )$$

$$F_{cry} = \frac{l_f}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta )$$

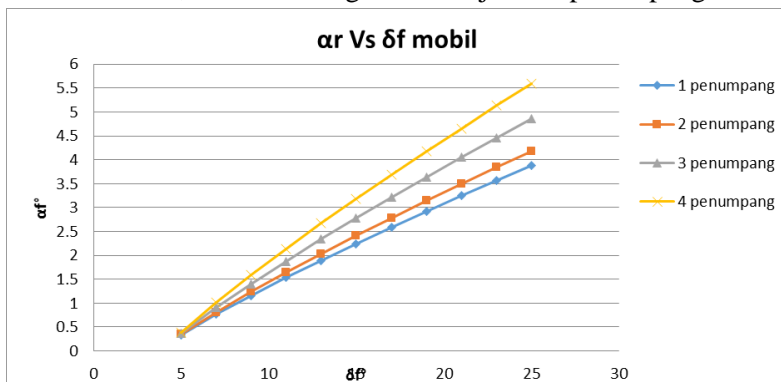
Berdasarkan persamaan diatas, dapat diketahui semakin besar sudut kemiringan yang diberikan maka semakin kecil gaya lateral yang terjadi pada ban depan dan belakang.

#### **4.3.2 Analisa Besarnya Sudut Slip yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Jumlah Penumpang**

Setelah melakukan perhitungan untuk mengetahui besarnya sudut *slip* pada masing-masing ban ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) didapatkan rata-rata sudut *slip* pada ban depan ( $\alpha_f$ ) dan ban belakang ( $\alpha_r$ ) pada setiap variasi jumlah penumpang seperti yang ditampilkan pada tabel 4.6 di bawah ini.



**Gambar 4.12** Grafik sudut slip roda depan ( $\alpha f$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya pada kecepatan 35 km/jam ,  $\theta = 5.7^\circ$  dengan variasi jumlah penumpang



**Gambar 4.13** Grafik sudut slip roda belakang ( $\alpha r$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) mobil Toyota Agya pada kecepatan 35 km/jam ,  $\theta = 5.7^\circ$  dengan variasi jumlah penumpang

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penumpang yang berada didalam kendaraan, maka menimbulkan sudut slip pada ban semakin besar. Hal ini terjadi dikarenakan gaya

sentrifugal pada kendaraan meningkat dengan bertambahnya massa total kendaraan. Ini telah sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Nilai sudut slip pada ban dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu konstruksi ban, gaya lateral ( $F_y$ ), gaya normal ( $F_z$ ), tekanan ban, dan gaya longitudinal ban ( $F_x$ ). Sesuai dengan persamaan berikut :

$$\alpha = \frac{C_{rp}}{C_{rs}} \cdot \frac{C_{rx}}{C_{ro}} [0,087935 (F_y)^{0,79008} - 0,005277 (F_z)]$$

Akan tetapi pada saat mobil Toyota Agya dinaiki oleh 3 dan 4 penumpang nilai sudut slip ban belakang semakin meningkat, sedangkan sudut slip ban depan semakin menurun. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perpindahan *center of gravity* dari mobil Toyota Agya seiring dengan pertambahannya jumlah penumpang dari mobil tersebut. Pada saat 3 dan 4 penumpang, letak *center of gravity* semakin ke belakang hal ini menyebabkan gaya lateral terjadi ban belakang semakin meningkat, sedangkan gaya lateral pada ban depan semakin menurun. Sesuai dengan persamaan berikut ini

$$F_{cfy} = \frac{l_r}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta )$$

$$F_{cry} = \frac{l_f}{L} ( F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta )$$

Dari persamaan tersebut, diketahui gaya sentrifugal dipengaruhi oleh letak *center of gravity*. Semakin ke belakang letak *center of gravity* nya maka semakin besar sudut slip pada ban belakang semakin bertambah, sedangkan sudut slip ban depan semakin menurun.

#### 4.3.3. Analisa Besarnya Sudut *Slip* yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Kecepatan

Berdasarkan hasil perhitungan untuk mengetahui besarnya sudut *slip* pada masing-masing ban ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) didapatkan rata-rata sudut *slip* pada ban depan ( $\alpha_f$ ) dan ban belakang ( $\alpha_r$ ) pada setiap variasi kecepatan pada sudut kemiringan  $5.7^\circ$  seperti yang ditampilkan pada tabel 4.3 di bawah ini.

**Tabel 4.3.** Sudut *slip* ban depan ( $\alpha_f^\circ$ ) serta ban belakang ( $\alpha_r^\circ$ ) kendaraan dengan 2 penumpang pada  $\theta = 5.7^\circ$  dan  $V = 25-50$  km/jam

$\delta f$	V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
	$\alpha_f$	$\alpha_r$	$\alpha_f$	$\alpha_r$	$\alpha_f$	$\alpha_r$
5	0	0	0	0	0.372881	0.355441
7	0	0	0.415244	0.392291	0.9571	0.812734
9	0.212234	0.19499	0.844314	0.732422	1.49196	1.237888
11	0.553058	0.508046	1.243761	1.053916	1.991145	1.642496
13	0.843934	0.743952	1.620166	1.362408	2.462199	2.032265
15	1.119694	0.971058	1.97758	1.660999	2.909836	2.410513
17	1.382657	1.191265	2.318719	1.951596	3.337253	2.779342
19	1.634451	1.40577	2.645518	2.235454	3.746749	3.140167
21	1.876278	1.61537	2.959422	2.513433	4.140058	3.493965
23	2.109056	1.820614	3.261549	2.786134	4.518529	3.841426
25	2.333516	2.021884	3.552795	3.05398	4.883252	4.183037
$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam	
	$\alpha_f$	$\alpha_r$	$\alpha_f$	$\alpha_r$	$\alpha_f$	$\alpha_r$
5	0.827742	0.705183	1.309367	1.073386	1.817506	1.460964
7	1.535931	1.259539	2.151264	1.733716	2.802214	2.235125
9	2.186174	1.778641	2.925748	2.354562	3.709232	2.964877
11	2.793959	2.274417	3.650335	2.9488	4.558315	3.664376
13	3.367947	2.753067	4.334939	3.523324	5.360748	4.341342
15	3.913612	3.21829	4.985877	4.082314	6.123767	5.000503
17	4.434698	3.672473	5.607502	4.628494	6.852379	5.644962
19	4.933921	4.117236	6.202979	5.163723	7.550243	6.276843
21	5.413332	4.553707	6.774716	5.689304	8.220148	6.897642
23	5.874544	4.982686	7.324608	6.206161	8.864293	7.508419
25	6.318859	5.404739	7.854192	6.71495	9.484467	8.109932

Dapat dilihat pada tabel 4.3 diatas bahwa semakin tinggi kecepatan dan sudut belok suatu kendaraan maka semakin besar sudut *slip* yang terjadi pada ban semakin besar. Hal ini disebabkan oleh gaya sentrifugal yang terjadi semakin besar karena



bertambahnya kecepatan dari kendaraan. Selain kecepatan yang mempengaruhi gaya sentrifugal, massa kendaraan dan jarak radius putarnya juga berpengaruh. Hal ini sesuai dengan persamaan sebagai berikut.

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

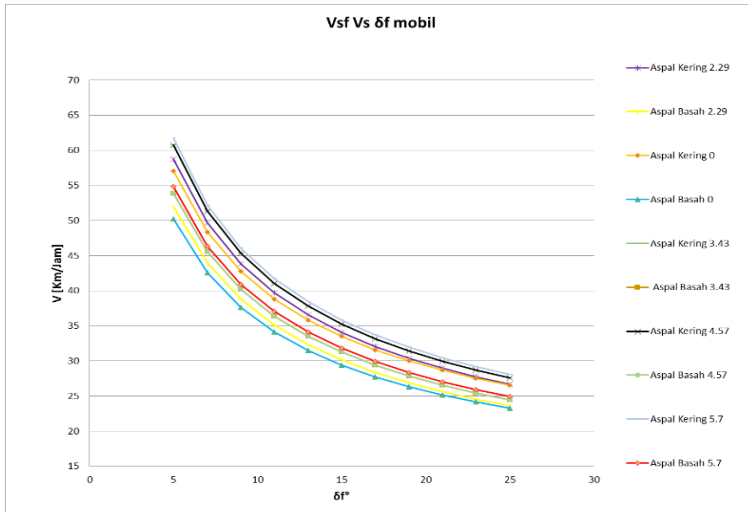
Semakin besar gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan saat berbelok menyebabkan gaya lateral ( $F_y$ ) yang timbul semakin besar. Maka dari itu semakin besar sudut belok yang diberikan pada kendaraan maka sudut slip yang terjadi semakin besar. Sesuai dengan persamaan berikut.

$$F_y = \frac{1}{2} \left[ \frac{L_r}{L} F_{cy} \cdot \cos \delta_f + \frac{L_r}{L} (F_{cx}) \sin \delta_f \right]$$

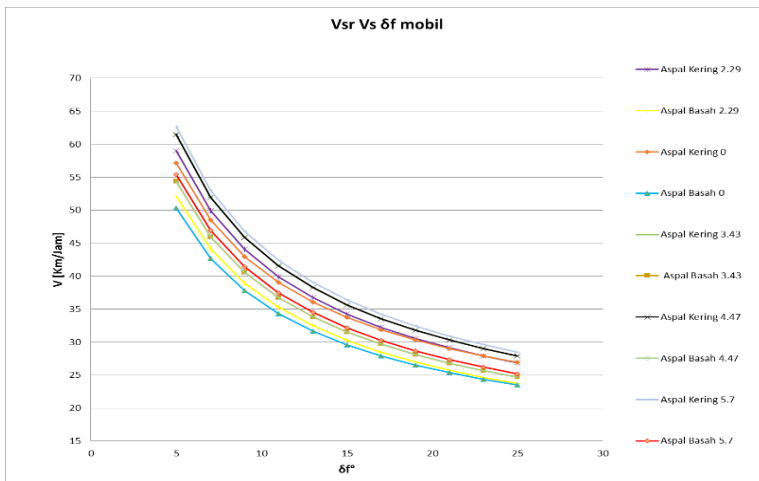
Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar sudut belok yang diberikan, maka gaya lateral yang terjadi pada ban semakin besar. Sehingga menimbulkan slip pada ban.

#### **4.4 Analisa Skid Perilaku Arah Belok Kendaraan**

*Skid* pada kendaran terjadi jika besarnya gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan melebihi besarnya gaya gesek antara ban dengan permukaan jalan. Setelah melakukan perhitungan didapatkan kecepatan maksimum agar kendaraan tidak mengalami *skid* dapat dilihat pada grafik berikut :



**Gambar 4.14** Grafik batas kecepatan skid roda depan (Vsf) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) pada aspal kering dan aspal basah



**Gambar 4.15** Grafik batas kecepatan Skid roda depan (Vsr) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) pada aspal kering dan aspal basah

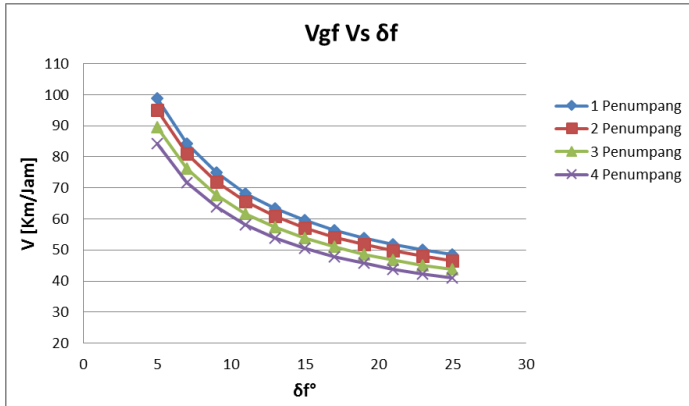
Berdasarkan grafik analisa *skid* diatas dapat diketahui mobil Toyota Agya ini akan cenderung mengalami kondisi *understeer*. Hal ini dikarenakan kecepatan *skid* roda depan lebih kecil dari kecepatan *skid* roda belakang. Pada gambar grafik diatas juga dapat dilihat *trendline* batas kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya sudut belok kendaraan.

Saat kendaraan melaju pada kondisi jalanan aspal kering, kendaraan memiliki batas kecepatan *skid* yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi jalanan aspal basah. Hal ini terjadi karena koefisien adhesi aspal kering lebih besar dibandingkan dengan aspal basah. Untuk koefisien adhesi aspal kering sebesar 0.9, sedangkan untuk aspal basah sebesar 0.7. Sehingga kendaraan yang melaju pada jalan yang basah akan lebih cepat mengalami *skid*. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan, maka kecepatan maksimumnya kendaraan tidak *skid* nya semakin tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan dilawan oleh berat dari kendaraan sehingga kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* semakin besar.

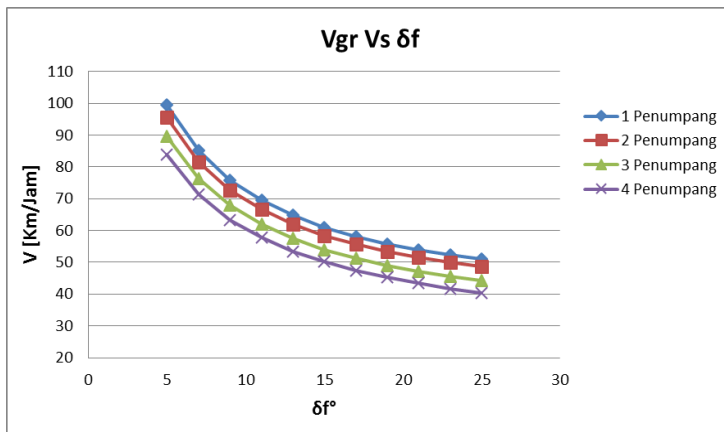
#### **4.5 Analisa guling Perilaku Arah Belok Kendaraan**

Kendaraan dalam keadaan kritis mulai terguling jika terangkatnya salah satu roda ataupun dua roda ketika berbelok. Hal ini terjadi dikarenakan gaya normal dari salah satu roda bernilai negative atau sama dengan nol. Kondisi ini sangat membahayakan bagi pengemudi dan penumpang dan merupakan salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas. Penting bagi pengemudi kendaraan untuk mengerti batas kecepatan maksimum kendaraan tidak mengalami guling agar terhindar dari hal yang tidak

diinginkan. Setelah melakukakn perhitungan didapatkan grafik kecepatan guling dengan sudut belok pada gambar 4.15 dan 4.16



**Gambar 4.15** Grafik batas kecepatan guling roda depan ( $V_{gf}$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) dan sudut kemiringan melintang jalan  $5.7^\circ$



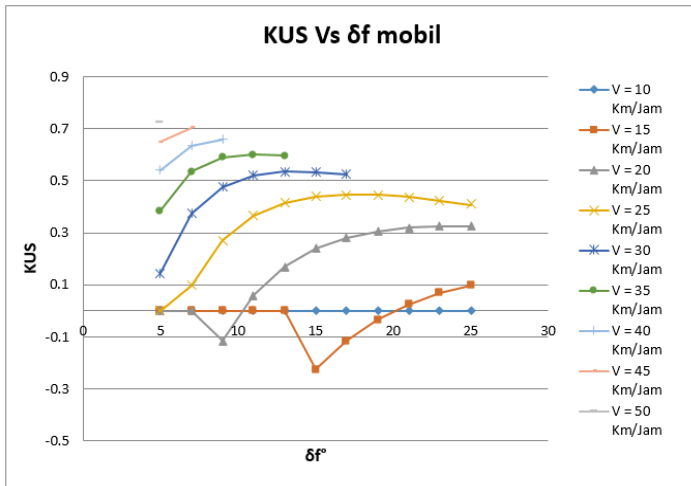
**Gambar 4.16** Grafik batas kecepatan guling roda belakang ( $V_{gr}$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ) dan sudut kemiringan melintang jalan  $5.7^\circ$

Berdasarkan grafik batas kecepatan guling yang ditampilkan pada gambar 4.15 dan 4.16 di atas dapat dilihat bahwa nilai  $V_{gf}$  selalu lebih kecil daripada nilai  $V_{gr}$  sehingga salah satu roda depan kendaraan akan terangkat terlebih dahulu sebelum salah satu roda belakang mulai terangkat. Hal ini menunjukkan bahwa mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *understeer* pada saat satu hingga tiga penumpang. Pada saat mobil dinaiki oleh 4 penumpang, nilai  $V_{gf}$  lebih besar dibandingkan nilai  $V_{gr}$  sehingga salah satu roda belakang akan terangkat terlebih dahulu sebelum salah satu roda depan mulai terangkat. Hal ini menunjukkan bahwa mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *oversteer* saat dinaiki oleh empat penumpang. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa *trendline* batas kecepatan guling kendaraan mengalami penurunan untuk setiap penambahan sudut belok kendaraan.

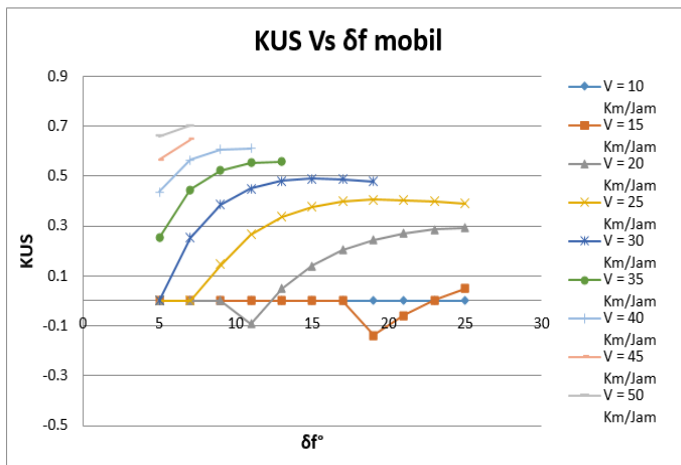
#### **4.6 Analisa Stabilitas Arah Kendaraan Berdasarkan Nilai Koefisien Understeer ( $K_{US}$ )**

Berdasarkan hasil perhitungan nilai koefisien *understeer*, didapatkan grafik Koefisien Understeer ( $K_{US}$ ) dengan sudut belok ( $\delta f$ ). Nilai koefisien *understeer* adalah besaran yang dapat mengidentifikasi perilaku arah dari kendaraan belok. Jika  $K_{US} = 0$  kendaraan berperilaku netral,  $K_{US}$  positif maka kendaraan berperilaku *understeer* dan jika  $K_{US}$  negative maka kendaraan berperilaku *oversteer*. Semakin besar harga  $K_{US}$  positif maka semakin *understeer* kendaraan tersebut, jika semakin besar  $K_{US}$  negative maka semakin *oversteer* kendaraan tersebut. Berikut ini adalah grafik nilai Koefisien *Understeer* ( $K_{US}$ ) dari mobil Toyota Agya dengan 2 orang penumpang pada jalan aspal datar dan jalan aspal miring yang didapatkan dari hasil perhitungan. *Trendline* dari

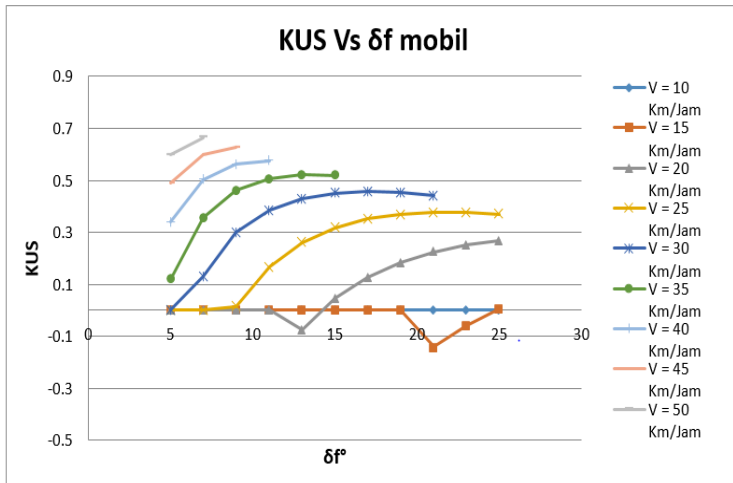
grafik nilai koefisien *understeer* ini berbeda-beda untuk setiap nilai kecepatan kendaraan yang diberikan.



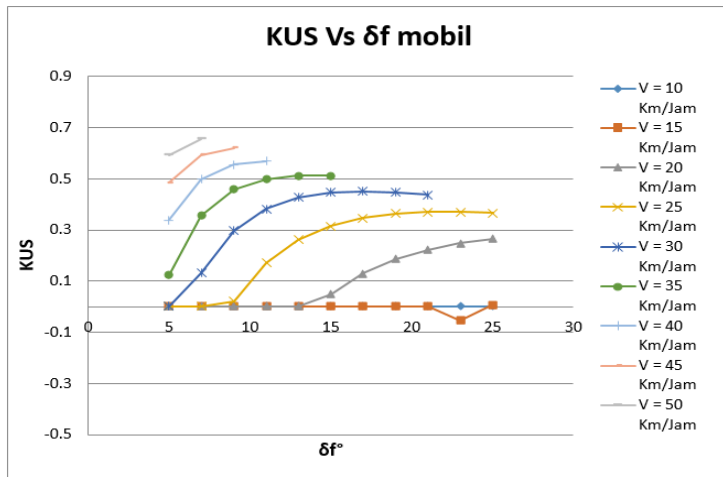
**Gambar 4.18** KUS Vs  $\delta f$  mobil dengan 2 penumpang pada jalan datar



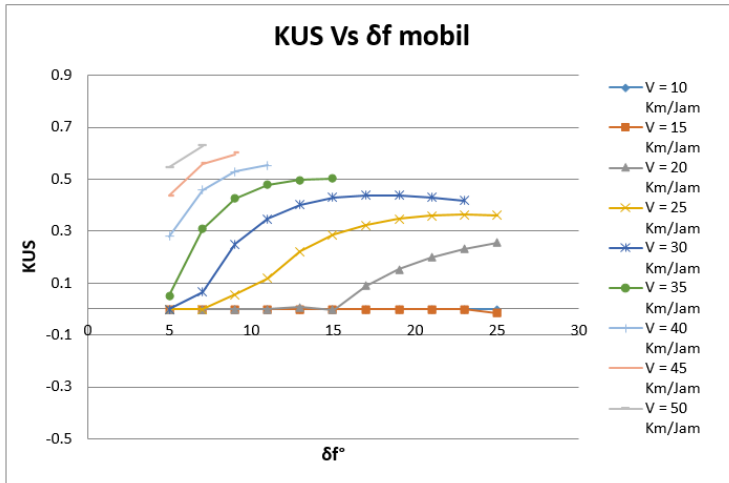
**Gambar 4.19** KUS Vs  $\delta f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan 2.29°



**Gambar 4.20** KUS Vs  $\delta f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan 3.34°



**Gambar 4.21** KUS Vs  $\delta f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan 4.57°



**Gambar 4.22** KUS Vs  $\delta f$  mobil dengan 2 penumpang pada kemiringan jalan  $5.7^\circ$

Berdasarkan grafik diatas, ketika saat mobil Toyota Agya yang dinaiki oleh 2 orang penumpang melintasi permukaan jalan aspal datar dengan kecepatan sebesar 10 km/jam dengan kemiringan melintang  $5.7^\circ$  dengan sudut belok  $5^\circ$  hingga  $25^\circ$  dapat diketahui bahwa kendaraan tersebut mengalami kondisi netral yang berarti belum terjadi sudut slip pada ban depan maupun ban belakang. Atau karena harga sudut slip sama dengan nol ataupun sudut slip ban depan sama dengan ban belakang. Hal ini juga terjadi ketika mobil melewati kemiringan jalan  $2.29^\circ$ ,  $3.43^\circ$ ,  $4.57^\circ$  dan  $5.7^\circ$ .

Pada kecepatan 15 km/jam kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  -  $13^\circ$  ketika melewati jalan aspal datar. Kemudian mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $15^\circ$  hingga  $19^\circ$ . Akan tetapi mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $21^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Kondisi tersebut menunjukkan bahwa telah



terjadi sudut slip pada ban depan dan ban belakang, dimana nilai sudut slip ban belakang lebih besar daripada ban depan pada sudut belok  $15^\circ$  hingga  $19^\circ$ . Dan nilai sudut slip ban belakang lebih kecil daripada ban depan pada sudut belok  $21^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Berbeda dengan jalan datar, pada kemiringan jalan  $2.29^\circ$  dengan kecepatan yang sama kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $17^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $19^\circ$  hingga  $21^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $23^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Pada kemiringan jalan  $3.43^\circ$  kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $19^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $21^\circ$  hingga  $23^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $25^\circ$ . Pada kemiringan jalan  $4.57^\circ$  kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $21^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $23^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $25^\circ$ . Saat kemiringan jalan  $5.7^\circ$  kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $23^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $25^\circ$ .

Pada kecepatan 20 km/jam kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $7^\circ$  ketika melewati jalan aspal datar. Kemudian mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $9^\circ$ . Dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $11^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Sedangkan pada kemiringan jalan  $2.29^\circ$ , kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $9^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $11^\circ$ . Kendaraan mengalami kondisi *understeer* saat sudut belok  $13^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Pada kemiringan jalan  $3.43^\circ$ , mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $11^\circ$ , mengalami kondisi *oversteer* pada sudut belok  $13^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $15^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Saat kemiringan jalan  $4.57^\circ$ , kendaraan mengalami kondisi netral saat sudut belok  $5^\circ$  hingga  $13^\circ$ , mengalami kondisi *understeer* pada

sudut belok  $15^\circ$  sampai  $25^\circ$ . Saat kemiringan jalan  $5.7^\circ$  kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $15^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $17^\circ$  hingga  $25^\circ$ .

Pada kecepatan 25 km/jam kendaraan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$ , mengalami kondisi *understeer* saat sudut belok  $7^\circ$  sampai  $25^\circ$  saat melintasi jalan datar. Ketika kendaraan melintasi jalan dengan kemiringan  $2.29^\circ$  akan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $7^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $9^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Saat kemiringan jalan  $3.34^\circ$ , kendaraan akan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $7^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $9^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Saat kemiringan  $4.57^\circ$ , kendaraan akan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $7^\circ$ , dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $9^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Saat kemiringan jalan  $5.7^\circ$ , kendaraan akan mengalami kondisi netral pada sudut belok  $5^\circ$  hingga  $9^\circ$  dan mengalami kondisi *understeer* pada sudut belok  $11^\circ$  hingga  $25^\circ$ .

Pada kecepatan 30 km/jam kendaraan mengalami kondisi *understeer* saat sudut belok  $5^\circ$  sampai  $17^\circ$  ketika melewati jalan datar. Ketika sudut belok  $19^\circ$  kendaraan telah mengalami *skid* karena perhitungan slip dihentikan sehingga grafik kecepatan 30 km/jam hanya sampai  $17^\circ$  saja. Berbeda dengan jalan datar, saat melewati jalan miring kendaraan lebih lama mengalami *skid*. Dapat dilihat pada gambar 4.24, 4.25, 4.26 dan 4.27 diatas bahwa saat kemiringan jalan  $2.29^\circ$  dan  $3.34^\circ$  kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok  $21^\circ$ . Sedangkan pada kemiringan jalan  $4.57^\circ$  dan  $5.7^\circ$  kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok  $25^\circ$ .

Pada kecepatan 35 km/jam kendaraan mengalami kondisi *understeer* untuk semua sudut belok, ketika kendaraan melewati jalan datar dan jalan miring. Pada jalan datar, kemiringan jalan  $2.29^\circ$  dan  $3.34^\circ$  kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok

15°. Sedangkan pada kemiringan jalan 4.57° dan 5.7° kendaraan telah mengalami skid pada sudut belok 17°.

Pada kecepatan 40 km/jam kendaraan mengalami kondisi *understeer* untuk semua sudut belok, ketika kendaraan melewati jalan datar dan jalan miring. Saat jalan datar, kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok 11°. Sedangkan, saat kendaraan melewati jalan miring akan mengalami *skid* pada sudut belok 13°.

Pada kecepatan 45 km/jam kendaraan mengalami kondisi *understeer* untuk semua sudut belok, ketika kendaraan melewati jalan datar dan jalan miring. Saat jalan datar dan kemiringan jalan 2.29°, kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok 9°. Sedangkan, saat kendaraan melewati jalan miring dengan sudut 3.34°, 4.57° dan 5.7° kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok 11°.

Dan pada saat kecepatan 50 km/jam kendaraan cenderung mengalami kondisi *understeer* pada semua sudut belok. Saat jalan datar, kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok 9°. Sedangkan saat melintasi jalan miring untuk semua sudut kendaraan telah mengalami *skid* pada sudut belok 11°.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kestabilan kendaraan semakin bagus ketika melewati kemiringan melintang jalan. Kendaraan memiliki kestabilan arah paling baik ketika melewati jalan dengan sudut kemiringan melintang sebesar 5.7°. Hal ini dikarenakan gaya lateral yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan kendaraan melintasi jalan datar. Gaya lateral akibat gaya sentrifugal ke arah yang terjadi pada kendaraan saat berbelok akan dilawan oleh gaya berat yang berlawanan dengan gaya lateral tersebut. Maka dari itu sebaiknya jalanan dibuat miring agar menghilangkan sedikit gaya sentrifugal, memperkecil sudut slip, memperbesar kecepatan maksimum kendaraan tidak

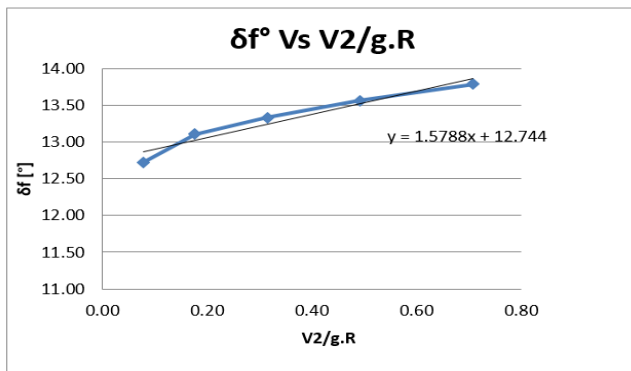
mengalami *skid* serta memperbesar kecepatan maksimum kendaraan tidak mengalami guling.

#### 4.7. Analisa Hasil Uji Jalan dengan Metode Radius Belok Tetap pada Jalan Aspal Basah

Setelah dilakukan uji jalan dengan radius belok sebesar 10 meter dengan 2 orang penumpang yang berada di dalam mobil Toyota Agya yang dilakukan di jalan aspal basah. Didapatkan beberapa data berdasarkan hasil pengujian seperti yang ditunjukkan oleh tabel dan grafik hasil uji jalan pada aspal basah sebagai berikut ini :

**Tabel 4.4.** Hasil uji jalan mobil Toyota Agya pada jalan aspal basah

Hasil Uji Jalan Aspal Basah							
V [Km/Jam]	V [m/s]	$\delta S_w$ [°]	G [°]	$\delta f$ [°]	g [m/s <sup>2</sup> ]	R [m]	V <sup>2</sup> /g.R
10	2.777778	165	13.20	12.50	9.81	10	0.08
15	4.166667	173	13.20	13.11	9.81	10	0.18
20	5.555556	176	13.20	13.33	9.81	10	0.31
25	6.944444	179	13.20	13.56	9.81	10	0.49
30	8.333333	181	13.20	13.71	9.81	10	0.71



**Gambar 4.23.** Grafik  $\delta f^\circ$  Vs  $\frac{v^2}{g \cdot R}$  hasil uji jalan mobil Toyota Agya pada radius belok 10 meter jalan aspal dengan 2 orang penumpang.

Dari gambar 4.22 diatas dapat diketahui nilai gradian dari masing-masing grafik  $\delta r^\circ$  Vs  $\frac{v^2}{g \cdot R}$ . Nilai gradient tersebut menunjukkan nilai Kus dari mobil Toyota Agya yang berasal dari hasil uji jalan. Uji jalan yang dilakukan menggunakan metode radius belok tetap dengan jarak 10 meter dengan kondisi aspal basah. Dengan melalui nilai gradient grafik diatas dapat melihat perilaku arah kendaraan Toyota Agya adalah *understeer*. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan sebagai berikut ini

**Tabel 4.5.** Hasil perhitungan nilai kus kendaraan.

Aspal				
V [Km/jam]	$\delta f [^\circ]$	Rn [m]	KUS	Tanda nilai Kus
10	13.71	10.238	0	
15	13.71	10.238	0	
20	13.71	10.284	0.201	+
25	13.71	10.393	0.4322	+

Berdasarkan tabel perhitungan diatas, nilai Kus yang didapat dengan radius belok nyata sebesar  $\pm 10$  meter yaitu cenderung bernilai positif (+) maka dapat dikatakan bahwa perilaku arah belok kendaraan cenderung *understeer*. Sehingga hasil yang didapatkan dari perhitngan dan uji jalan dapat dikatakan sama.

Dari tabel diatas hasil uji jalan mobil Toyota Agya dapat dilihat sudut *steer* kendaraan pada setiap penambahan kecepatan cenderung semakin besar sudut *steer* nya. Hal ini sudah sesuai dengan teori bahwa kendaraan yang mengalami kondisi *understeer* memerlukan sudut *steer* yang besar. Hasil yang didapat pada uji

jalan jika dibandingkan dengan perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.6.** Perbandingan sudut belok dan kecepatan *skid* kendaraan hasil perhitungan dengan hasil uji jalan.

Permukaan Jalan	Hasil Perhitungan		Hasil Uji Jalan	
	$\delta f$	V. <i>Skid</i>	$\delta f$	V. <i>Skid</i>
	[°]	[Km/Jam]	[°]	[Km/Jam]
Aspal Basah	13.71	30.68	13.71	30

Dari tabel diatas perbandingan hasil perhitungan dan uji jalan, nilai kecepatan *skid* kendaraan dengan sudut belok yang diberikan pada saat kendaran melintasi jalan aspal basah menunjukan nilai yang tidak jauh berbeda. Maka dapat dikatakan hasil uji jalan sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari analisa stabilitas arah yang dilakukan pada kendaraan Toyota Agya tipe G dengan variasi jumlah penumpang, kecepatan, sudut belok dan kemiringan melintang jalan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Stabilitas arah yang paling baik untuk mobil Toyota Agya tipe G ketika kendaraan dinaiki oleh dua orang penumpang. Karena kendaraan memiliki nilai koefisien *understeer* yang kecil dan mengalami kondisi *oversteer* yang rendah.
2. Semakin bertambahnya kecepatan dan sudut belok maka semakin besar sudut slip yang terjadi pada ban depan dan ban belakang. Sudut slip terbesar terjadi pada 4 penumpang, sudut belok  $25^\circ$  dengan kecepatan 50 km/jam yaitu ban depan sebesar  $8.848055772^\circ$  dan  $11.44251093^\circ$  untuk ban belakang pada jalan datar.
3. Semakin bertambahnya sudut kemiringan melintang jalan, maka semakin kecil sudut slip yang terjadi pada ban kendaraan.
4. Semakin besar sudut kemiringan melintang jalan yang dilalui oleh kendaraan maka kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* semakin besar. Batas kecepatan agar kendaraan tidak mengalami *skid* dengan 2 orang penumpang dan sudut belok  $13^\circ$  pada jalan aspal kering, yang terkecil dengan sudut kemiringan melintang jalan  $0^\circ$  sebesar 35.83275415 km/jam dan 36.07618363, dan yang terbesar pada sudut kemiringan melintang jalan  $5.7^\circ$  sebesar 38.42480942 km/jam dan 39.00888699 km/jam
5. Saat melewati jalan aspal basah, mobil Toyota Agya lebih mudah mengalami kondisi *skid*. Dengan 2 orang penumpang dan sudut belok  $13^\circ$ , batas kecepatan agar

kendaraan tidak mengalami kondisi *skid*, yang terkecil dengan sudut kemiringan melintang jalan  $0^\circ$  sebesar 31.4970922 km/jam dan 31.66203637 km/jam dan yang terbesar dengan sudut kemiringan melintang jalan  $5.7^\circ$  sebesar 34.11792328 km/jam dan 34.51333807 km/jam.

6. Semakin banyak jumlah penumpang yang berada didalam mobil, maka batas kecepatan mobil tidak terguling akan semakin menurun. Batas kecepatan agar mobil Toyota Agya tidak terguling pada sudut belok  $15^\circ$  dengan jalan aspal datar yaitu dengan 1 penumpang sebesar 53.099 km/jam, dengan 2 orang penumpang sebesar 51.4316 km/jam, dengan 3 orang penumpang sebesar 49.026 km/jam dan dengan 4 orang penumpang sebesar 46.4362 km/jam.
7. Semakin besar sudut kemiringan jalan yang diberikan maka kecepatan maksimum kendaraan tidak terguling semakin besar.
8. Berdasarkan analisa guling mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *understeer* karena batas kecepatan guling roda depan yang nilainya lebih kecil daripada batas kecepatan guling roda belakang.
9. Berdasarkan analisa Kus, mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *understeer* ketika diisi oleh 1 sampai 2 penumpang. Sedangkan saat diisi 3 sampai 4 penumpang mobil akan cenderung mengalami *oversteer*.
10. Berdasarkan hasil uji jalan dengan metode radius belok tetap 10 meter didapatkan hasil yaitu, mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *understeer* karena nilai koefisien *understeer* yang didapatkan bernilai positif yaitu sebesar 1.5788 pada jalan aspal basah

## 5.2 Saran

Dari hasil analisa yang telah dilakukan terdapat beberapa saran dan rekomendasi sebagai bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya. Adapun beberapa saran tersebut antara lain.



1. Melakukan analisa slip, skid dan guling dengan menambahkan stabilizer pada mobil Toyota Agya G
2. Melakukan uji jalan pada jalan aspal kering, untuk membandingkan perilaku arah dan skid mobil Toyota Agya

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Abe, Masato. 2009. ***Vehicle Handling Dynamics***, Edisi Pertama. Amsterdam: Elsevier
- Andriansyah, Deva. 2016. **Analisis Pengaruh Operasional dan Penggunaan Stabilizer terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4)**. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- An Naafi, Rizki. 2013. **Perilaku Arah Mobil GEA Pada Lintasan Belok Menurun dengan Variasi Kecepatan, Berat Muatan, Sudut Kemiringan Melintang, Sudut Turunan Jalan dan Radius Belok Jalan**. Surabaya : Teknik Mesin ITS
- Badan Pusat Statistik, 2013. **Jumlah Angka Kecelakaan pada 1987-2013**, Retrieved from <URL : [http : // www.bps. go. Id /index .php/linkTabelStatistik/1415](http://www.bps.go.id/index.php/linkTabelStatistik/1415)
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2004. **Standar Geometri Jalan Perkotaan**. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia
- Dukkipati, R.V., et. all., 2008. ***Road Vehicle Dynamic***. Warrendale (PA): Society of Automotive Engineers.
- Gaikindo. (2014). ***Domestic Market & Exim***. Retrieved from [www.gaikindo.or.id: http://www.gaikindo.or.id/data-by-category-2014/](http://www.gaikindo.or.id: http://www.gaikindo.or.id/data-by-category-2014/)
- Komisi Nasional Keselamatan Transportasi, (2014). ***Laporan Investigasi KNKT Jalan Raya***. Retrieved from [www. http://knkt.dephub.go.id: http://knkt.dephub.go.id/we bknkt/investigasi\\_report.php?id=15](http://knkt.dephub.go.id: http://knkt.dephub.go.id/we bknkt/investigasi_report.php?id=15)

- Sutantra, I Nyoman, dan Bambang Sampurno. 2010. **Teknologi Konstruksi Otomotif**, Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- Taborek, Jaroslav. 1957. ***Mechanics of Vehicles***. Cleaveland: *Towmotor Corp*
- TOYOTA ASTRA MOTOR (2016) Retrieved from  
<http://www.toyota.astra.co.id/product/agya/#specifications>

## LAMPIRAN

**Tabel A.1** Hasil perhitungan batas kecepatan maksimum kendaraan tidak mengalami guling Toyota Agya

$\Theta$	$\delta f$	Aspal Kering		Aspal Basah		$\Theta$	$\delta f$	Aspal Kering		Aspal Basah	
		Vsf	Vsr	Vsf	Vsr			Vsf	Vsr	Vsf	Vsr
[°]	[°]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[°]	[°]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[Km/Jam]
0	5	57.03011	57.17437	50.23336	50.33186	4.57	5	60.70328	61.42911	53.84408	54.33702
	7	48.33912	48.51157	42.55659	42.67412		7	51.33664	51.95047	45.53582	45.95271
	9	42.76497	42.96266	37.62994	37.76442		9	45.31361	45.85544	40.19337	40.56135
	11	38.81327	39.03441	34.13499	34.28512		11	41.03196	41.52259	36.39552	36.72874
	13	35.83275	36.07618	31.49709	31.66204		13	37.79305	38.24496	33.52259	33.82951
	15	33.48828	33.75327	29.42049	29.59969		15	35.23716	35.65851	31.25551	31.54167
	17	31.58751	31.87363	27.73543	27.92852		17	33.15772	33.55421	29.41103	29.68031
	19	30.01117	30.31822	26.33663	26.54342		19	31.42655	31.80234	27.87548	28.1307
	21	28.6809	29.00889	25.15491	25.37531		21	29.95935	30.3176	26.57406	26.81737
	23	27.54286	27.89193	24.14269	24.37675		23	28.69813	29.0413	25.45535	25.68842
	25	26.55866	26.92913	23.26609	23.51394		25	27.60151	27.93158	24.48265	24.70681
2.29	5	58.6927	59.03175	51.92907	52.16062	5.7	5	61.71801	62.65613	54.8003	55.43539
	7	49.63629	49.92304	43.9163	44.11213		7	52.1948	52.98817	46.3445	46.8816
	9	43.81276	44.06586	38.76386	38.93671		9	46.07109	46.77138	40.90717	41.38126
	11	39.67292	39.90211	35.10108	35.25761		11	41.71786	42.35199	37.04187	37.47117
	13	36.54128	36.75239	32.33033	32.47451		13	38.42481	39.00889	34.11792	34.51334
	15	34.07005	34.26689	30.14388	30.2783		15	35.8262	36.37078	31.81058	32.17925
	17	32.05948	32.24471	28.365	28.4915		17	33.71199	34.22444	29.93335	30.28027
	19	30.38565	30.56121	26.88406	27.00395		19	31.95188	32.43758	28.37052	28.69933
	21	28.96705	29.13441	25.62893	25.74323		21	30.46016	30.92318	27.04599	27.35946
	23	27.7476	27.90792	24.55001	24.6595		23	29.17785	29.62139	25.90741	26.20768
	25	26.68731	26.84151	23.6119	23.71721		25	28.06291	28.4895	24.91744	25.20624
3.43	5	60.70328	61.42911	53.84408	54.33702						
	7	51.33664	51.95047	45.53582	45.95271						
	9	45.31361	45.85544	40.19337	40.56135						
	11	41.03196	41.52259	36.39552	36.72874						
	13	37.79305	38.24496	33.52259	33.82951						
	15	35.23716	35.65851	31.25551	31.54167						
	17	33.15772	33.55421	29.41103	29.68031						
	19	31.42655	31.80234	27.87548	28.1307						
	21	29.95935	30.3176	26.57406	26.81737						
	23	28.69813	29.0413	25.45535	25.68842						
	25	27.60151	27.93158	24.48265	24.70681						

**Tabel A.2** Hasil perhitungan batas kecepatan maksimum kendaraan tidak mengalami *skid* Toyota Agya

$\theta$	$\delta f$	Vgf	Vgr	$\theta$		Vgf	Vgr
[°]	[°]	[Km/Jam]	[Km/Jam]	[°]		[Km/Jam]	[Km/Jam]
0	5	86.34828	86.85200569	4.57	5	93.04726	93.49077995
	7	73.38872	73.9973583		7	79.2038	79.81602513
	9	65.10665	65.81208437		9	70.37546	71.13623738
	11	59.2587	60.05671537		11	64.15651	65.0559445
	13	54.86782	55.75650094		13	59.49953	60.533054
	15	51.4316	52.41057205		15	55.86616	57.03247133
	17	48.66194	49.73204813		17	52.94786	54.24801876
	19	46.38044	47.54351087		19	50.55366	51.99062385
	21	44.47003	45.72881784		21	48.5584	50.13679245
	23	42.85044	44.20857105		23	46.87637	48.60239083
25	41.46467	42.92664743	25	45.4468	47.32826373		
2.29	5	89.5868	89.97587679	5.7	5	94.98684	95.46349092
	7	76.21269	76.74736185		7	80.88299	81.54235516
	9	67.67619	68.33838518		9	71.8933	72.71407128
	11	61.65673	62.43730589		11	65.56452	66.53646818
	13	57.14387	58.03824608		13	60.82867	61.94730315
	15	53.61811	54.6245242		15	57.13685	58.40125705
	17	50.78167	51.90034249		17	54.17453	55.5864088
	19	48.45018	49.68289005		19	51.7471	53.31024343
	21	46.50275	47.85261121		21	49.72703	51.44712633
	23	44.85652	46.32789378		23	48.02702	49.91158263
25	43.45269	45.05117661	25	46.58523	48.64364523		
3.43	5	93.04726	93.49077995		5	93.04726	93.49077995
	7	79.2038	79.81602513		7	79.2038	79.81602513
	9	70.37546	71.13623738		9	70.37546	71.13623738
	11	64.15651	65.0559445		11	64.15651	65.0559445
	13	59.49953	60.533054		13	59.49953	60.533054
	15	55.86616	57.03247133		15	55.86616	57.03247133
	17	52.94786	54.24801876		17	52.94786	54.24801876
	19	50.55366	51.99062385		19	50.55366	51.99062385
	21	48.5584	50.13679245		21	48.5584	50.13679245
	23	46.87637	48.60239083		23	46.87637	48.60239083
	25	45.4468	47.32826373		25	45.4468	47.32826373

**Tabel A.3** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 1 penumpang dan  $\Theta = 0^\circ$

Θ	δf	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam			
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]						
0	δf	5	28.14085	0	N	28.140848	0	N	28.14085	0	N	27.90597322	-0.23889	OS	28.38793	0.174517	US
		7	20.10061	0	N	20.10060571	0	N	20.10061	0	N	20.18980488	0.127014	US	20.52133	0.416033	US
		9	15.6338	0	N	15.63380444	0	N	15.60145	-0.09256	OS	15.80470181	0.312876	US	16.04767	0.526182	US
		11	12.79129	0	N	12.79129455	0	N	12.81816	0.093595	US	12.97629672	0.412424	US	13.16262	0.574837	US
		13	10.8234	0	N	10.82340308	0	N	10.8745	0.210509	US	11.00095821	0.468152	US	11.14854	0.595294	US
		15	9.380283	0	N	9.356263227	-0.20411	OS	9.440326	0.285589	US	9.543639927	0.497264	US	9.663349	0.598336	US
		17	8.27672	0	N	8.267913408	-0.08469	OS	8.338601	0.333722	US	8.42442601	0.509794	US	8.523296	0.590946	US
		19	7.405486	0	N	7.405742828	0.00275	US	7.465812	0.363741	US	7.538054776	0.511555	US	7.62086	0.577086	US
		21	6.700202	0	N	6.705881538	0.067313	US	6.757384	0.381193	US	6.818838192	0.506126	US	6.888956	0.55915	US
		23	6.117576	0	N	6.126451532	0.115242	US	6.170941	0.389726	US	6.22366461	0.495818	US	6.283561	0.538654	US
		25	5.62817	0	N	5.638846817	0.150718	US	5.67752	0.391833	US	5.723069017	0.482187	US	5.774596	0.516601	US
	δf	V = 35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam						
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]						
		5	28.96329	0.426791	US	29.62794	0.590829	US	30.38417	0.704226	US	31.23815789	0.787569	US			
		7	20.90752	0.586226	US	21.34762	0.69362	US	21.84356	0.766011	US	22.39909561	0.818229	US			
		9	16.3273	0.647777	US	16.64348	0.722068	US	16.99754	0.770589	US	17.39180986	0.804631	US			
		11	13.37539	0.664275	US	13.61464	0.716771	US	13.88122	0.749519	US	14.17663464	0.771411	US			
		13	11.31610	0.662689	US	11.50365	0.700367	US	11.71173	0.722468	US	11.94133305	0.736214	US			
		15	9.798630	0.649595	US	9.949426	0.676484	US	10.11608	0.690849	US	10.29925925	0.698668	US			
		17	8.634558	0.629982	US	8.758119	0.648747	US	8.894182	0.6573	US	9.043161731	0.660666	US			
		19	7.713684	0.606621	US	7.816399	0.619106	US	7.929107	0.623185	US	8.052067128	0.623124	US			
		21	6.967263	0.581142	US	7.053613	0.588677	US	7.148031	0.589245	US	7.25066926	0.586503	US			
		23	6.350207	0.554557	US	6.42344	0.558127	US	6.50323	0.5559	US	6.589666121	0.551031	US			
		25	5.831171	0.527519	US	5.894259	0.527872	US	5.962161	0.523392	US	6.035442874	0.51682	US			

**Tabel A.4** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 1 penumpang dan  $\Theta = 5.7^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam		
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
5.7	5	28.1408	0	N	28.14085	0	N	28.1408	0	N	28.14085	0	N	28.1408	0	N
		20.1006	0	N	20.10061	0	N	20.1006	0	N	20.10061	0	N	20.187	0.0854	US
		15.6338	0	N	15.6338	0	N	15.6338	0	N	15.6338	0	N	15.8535	0.2793	US
		12.7912	0	N	12.79129	0	N	12.7912	0	N	12.85532	0.14326	US	13.0389	0.3847	US
		10.8234	0	N	10.8234	0	N	10.8234	0	N	10.91953	0.25421	US	11.0646	0.4429	US
		9.38028	0	N	9.380283	0	N	9.38442	0.01975	US	9.486581	0.32435	US	9.60384	0.4737	US
		8.27672	0	N	8.27672	0	N	8.29860	0.11824	US	8.383291	0.36854	US	8.4798	0.4877	US
		7.40548	0	N	7.405486	0	N	7.43677	0.18895	US	7.507822	0.39553	US	7.58836	0.4908	US
		6.70020	0	N	6.700202	0	N	6.73614	0.23994	US	6.796353	0.41074	US	6.86432	0.4869	US
		6.11757	0	N	6.112172	-0.0703	OS	6.15541	0.27663	US	6.206857	0.41772	US	6.26472	0.4781	US
		5.62817	0	N	5.628762	0.00837	US	5.66671	0.30276	US	5.710527	0.41883	US	5.76014	0.4661	US
	5	V=35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam					
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
		[°]	[m]		[m]			[m]			[m]					
		5	28.2735	0.06888	US	28.91297	0.3068	US	29.6359	0.46933	US	30.445	0.5859	US		
		7	20.5638	0.33654	US	20.98985	0.4946	US	21.4653	0.59978	US	21.9933	0.6738	US		
		9	16.1267	0.46042	US	16.43244	0.5711	US	16.7716	0.64293	US	17.1463	0.6923	US		
		11	13.2462	0.51943	US	13.47708	0.5994	US	13.732	0.6497	US	14.0125	0.6831	US		
		13	11.2274	0.54509	US	11.40789	0.6038	US	11.6065	0.63918	US	11.8242	0.6616	US		
		15	9.73489	0.55205	US	9.879653	0.5952	US	10.0384	0.61983	US	10.2118	0.6343	US		
		17	8.58725	0.5479	US	8.705589	0.5793	US	8.83496	0.59583	US	8.97572	0.6043	US		
		19	7.67776	0.53691	US	7.775896	0.5592	US	7.88284	0.56944	US	7.99881	0.5733	US		
		21	6.93953	0.52162	US	7.021835	0.5367	US	7.11124	0.54194	US	7.20785	0.5421	US		
		23	6.32855	0.50363	US	6.398198	0.5129	US	6.4736	0.51411	US	6.55479	0.5114	US		
		25	5.81470	0.484	US	5.874041	0.4884	US	5.93806	0.48641	US	6.00676	0.4813	US		



**Tabel A.5** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 0^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam		
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
0	5	28.14085	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	OS	28.2801	0.14697	US
	7	20.10061	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.1208610	0.09876	US	20.4346	0.37888	US
	9	15.6338	0	N	15.59561	0	N	15.5551	-0.1159	OS	15.7466117	0.27644	US	15.9753	0.48276	US
	11	12.79129	0	N	12.76005	0	N	12.7778	0.062151	US	12.9260606	0.37017	US	13.1003	0.52699	US
	13	10.8234	0	N	10.79696	0	N	10.8388	0.17254	US	10.9566029	0.42099	US	11.0937	0.54354	US
	15	9.380283	0	N	9.330463	-0.2286	OS	9.40826	0.242142	US	9.50382972	0.44591	US	9.61429	0.54317	US
	17	8.27672	0	N	8.244449	-0.1159	OS	8.30942	0.285491	US	8.38822411	0.45470	US	8.47873	0.53269	US
	19	7.405486	0	N	7.384197	-0.0342	US	7.439	0.311209	US	7.50478231	0.45303	US	7.57992	0.51595	US
	21	6.700202	0	N	6.685938	0.02495	US	6.73253	0.324709	US	6.78798901	0.44440	US	6.85100	0.49528	US
	23	6.117576	0	N	6.107867	0.06799	US	6.14775	0.329551	US	6.19485197	0.43106	US	6.24810	0.47216	US
	25	5.62817	0	N	5.621427	0.09892	US	5.65574	0.328165	US	5.69599118	0.41451	US	5.74126	0.44756	US
	$\delta f$	V = 35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam					
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
	5	28.8269	0.39170	US	29.45742	0.55039	US	30.1732	0.659578	US	30.9794	0.73925	US			
	7	20.7996	0.54352	US	21.21471	0.64701	US	21.6813	0.716285	US	22.20251	0.76572	US			
	9	16.2380	0.60009	US	16.53443	0.67139	US	16.8654	0.717512	US	17.23289	0.74937	US			
	11	13.2990	0.61310	US	13.52181	0.66330	US	13.7693	0.6942	US	14.04267	0.71439	US			
	13	11.2491	0.60828	US	11.42249	0.64415	US	11.6141	0.664797	US	11.82502	0.67718	US			
	15	9.73875	0.59231	US	9.877039	0.61779	US	10.0293	0.631021	US	10.19606	0.63775	US			
	17	8.58024	0.57004	US	8.692555	0.58773	US	8.81574	0.595428	US	8.950057	0.59795	US			
	19	7.66382	0.54418	US	7.756286	0.55588	US	7.85729	0.559339	US	7.966974	0.55865	US			
	21	6.92106	0.51630	US	6.997952	0.52330	US	7.08161	0.523472	US	7.172082	0.52030	US			
	23	6.30705	0.48738	US	6.371484	0.49066	US	6.44129	0.488231	US	6.516466	0.48312	US			
	25	5.79114	0.45807	US	5.84543	0.45834	US	5.90399	0.453851	US	5.966775	0.44720	US			

**Tabel A.6** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 5.7^\circ$

Θ	δf	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam			
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]						
5.7	δf	5	28.1408	0	N	28.1408	0	N	28.1408	0	N	28.1408	0	N	28.1408	0	N
		7	20.1006	0	N	20.1006	0	N	20.1006	0	N	20.1006	0	N	20.11746	0.065229	US
		9	15.6338	0	N	15.6338	0	N	15.5956	0	N	15.5956111	0.0548	N	15.79194	0.249613	US
		11	12.7912	0	N	12.7912	0	N	12.7600	0	N	12.8124731	0.11731	US	12.98413	0.348213	US
		13	10.8234	0	N	10.8234	0	N	10.7969	0	N	10.8806436	0.22129	US	11.01537	0.40109	US
		15	9.38028	0	N	9.38028	0	N	9.35671	-0.00312	OS	9.45101738	0.28575	US	9.559115	0.427498	US
		17	8.27672	0	N	8.27672	0	N	8.27292	0.088765	US	8.35051296	0.32511	US	8.438739	0.437644	US
		19	7.40548	0	N	7.40548	0	N	7.41285	0.153772	US	7.4773916	0.34783	US	7.550349	0.437372	US
		21	6.70020	0	N	6.70020	0	N	6.71375	0.199705	US	6.76791915	0.3592	US	6.828862	0.430233	US
		23	6.11757	0	N	6.11757	0	N	6.13434	0.231816	US	6.18013534	0.362619	US	6.231436	0.418497	US
		25	5.62817	0	N	5.62817	-0.015	OS	5.64635	0.253743	US	5.685288572	0.360402	US	5.728723	0.403672	US
	δf	V = 35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam						
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
		[m]			[m]			[m]			[m]						
		5	28.170359	0.05099	US	28.77749	0.280255	US	29.46262	0.436512	US	30.22758	0.548086	US			
		7	20.473744	0.306761	US	20.87577	0.458483	US	21.32344	0.559001	US	21.81913	0.629249	US			
		9	16.048667	0.423187	US	16.3353	0.528987	US	16.65246	0.59718	US	17.00176	0.643588	US			
		11	13.177717	0.476833	US	13.39259	0.552891	US	13.62926	0.600303	US	13.88874	0.631401	US			
		13	11.166249	0.498249	US	11.33299	0.553718	US	11.51592	0.58681	US	11.71565	0.607362	US			
		15	9.6795829	0.501622	US	9.81221	0.542134	US	9.957162	0.564863	US	10.11481	0.577794	US			
		17	8.5366582	0.4943	US	8.644072	0.523547	US	8.761036	0.538506	US	8.887748	0.545737	US			
		19	7.6310181	0.480408	US	7.719192	0.500934	US	7.814849	0.509908	US	7.918072	0.512765	US			
		21	6.895997	0.462413	US	6.969111	0.476037	US	7.048125	0.480305	US	7.133048	0.479741	US			
		23	6.2877362	0.441863	US	6.348815	0.449927	US	6.414559	0.450434	US	6.484923	0.447155	US			
		25	5.7762031	0.41977	US	5.827501	0.423291	US	5.882483	0.420752	US	5.941068	0.415293	US			

**Tabel A.7** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 3 penumpang dan  $\Theta = 0^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam		
		R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
0	$\delta f$															
	5	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	OS	28.0952	0.016313	US
	7	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.04008471	-0.01625	OS	20.12725	0.074907	US
	9	15.59561	0	N	15.59561	0	N	15.56073	-0.09977	OS	15.60785063	0.022408	US	15.66329	0.086046	US
	11	12.76005	0	N	12.76005	0	N	12.74262	-0.06089	OS	12.77363331	0.030383	US	12.80935	0.07656	US
	13	10.79696	0	N	10.79696	0	N	10.78548	-0.04741	OS	10.80545285	0.022445	US	10.82799	0.056955	US
	15	9.357367	0	N	9.337374	-0.16982	OS	9.347105	-0.04892	OS	9.359164857	0.005486	US	9.372409	0.031867	US
	17	8.2565	0	N	8.240269	-0.15622	OS	8.245433	-0.0598	OS	8.251625592	-0.01686	OS	8.258053	0.003729	US
	19	7.387395	0	N	7.37308	-0.15372	OS	7.374682	-0.07679	OS	7.376399587	-0.0425	OS	7.377669	-0.02611	OS
	21	6.683833	0	N	6.670403	-0.15943	OS	6.66918	-0.09784	OS	6.667407201	-0.07019	OS	6.66468	-0.05683	OS
	23	6.10263	0	N	6.089495	-0.1708	OS	6.086	-0.12162	OS	6.081455624	-0.0991	OS	6.075572	-0.08794	OS
	25	5.61442	0	N	5.601243	-0.18625	OS	5.595899	-0.14724	OS	5.589120953	-0.12871	OS	5.580707	-0.11911	OS
	$\delta f$															
		V = 35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam					
		R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB			
	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
	5	28.26274786	0.098933	US	28.45057	0.15037	US	28.65683	0.183559	US	28.88061	0.205584	US			
	7	20.22625240	0.126958	US	20.33548	0.157957	US	20.4541	0.176937	US	20.58164	0.188723	US			
	9	15.72523000	0.121073	US	15.79279	0.141013	US	15.86548	0.15249	US	15.94298	0.158988	US			
	11	12.84869065	0.101122	US	12.8911	0.114452	US	12.93623	0.121569	US	12.98386	0.125083	US			
	13	10.85238873	0.074746	US	10.87827	0.083946	US	10.9054	0.088448	US	10.93358	0.090261	US			
	15	9.38635582	0.045117	US	9.400736	0.051675	US	9.415371	0.054604	US	9.43013	0.055479	US			
	17	8.26437441	0.013892	US	8.270399	0.018772	US	8.275997	0.020805	US	8.281073	0.021238	US			
	19	7.37825024	-0.01803	OS	7.378008	-0.01417	OS	7.376853	-0.01257	OS	7.374721	-0.01224	OS			
	21	6.66083184	-0.05014	OS	6.655773	-0.04683	OS	6.649446	-0.04534	OS	6.641816	-0.04487	OS			
	23	6.06823961	-0.08211	OS	6.059405	-0.07901	OS	6.049042	-0.07739	OS	6.037137	-0.07661	OS			
	25	5.57059122	-0.11376	OS	5.558753	-0.11062	OS	5.545192	-0.10869	OS	5.529915	-0.10746	OS			

**Tabel A.8** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 3 penumpang dan  $\Theta = 5.7^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam			
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]						
5.7	$\delta f$	5	28.1408	0	N	28.1408	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N
		7	20.1006	0	N	20.1006	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.03679	-0.01455	OS
		9	15.6338	0	N	15.6338	0	N	15.59561	0	N	15.56380881	-0.05822	OS	15.61786	0.028283	US
		11	12.7912	0	N	12.7912	0	N	12.76005	0	N	12.75081671	-0.02065	OS	12.78545	0.039477	US
		13	10.8234	0	N	10.8234	0	N	10.79696	0	N	10.79420412	-0.00729	OS	10.81569	0.034398	US
		15	9.38028	0	N	9.38028	0	N	9.344044	-0.06352	OS	9.354697052	-0.00815	OS	9.366919	0.02024	US
		17	8.27672	0	N	8.27672	0	N	8.24643	-0.05441	OS	8.251361228	-0.01777	OS	8.256808	0.00074	US
		19	7.40548	0	N	7.38	-0.029	OS	7.378312	-0.05485	OS	7.378853682	-0.03301	OS	7.379199	-0.022	OS
		21	6.70020	0	N	6.6819	-0.022	OS	6.674557	-0.06191	OS	6.671676437	-0.05193	OS	6.668088	-0.04671	OS
		23	6.11757	0	N	6.101	-0.02	OS	6.092558	-0.07363	OS	6.086965785	-0.07329	OS	6.080286	-0.0726	OS
		25	5.62817	0	N	5.6105	-0.055	OS	5.603263	-0.08866	OS	5.595493605	-0.09625	OS	5.586346	-0.09915	OS
		$\delta f$	V=35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam					
	Rn		KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB				
	[°]		[m]			[m]			[m]			[m]					
	5		28.05531388	-0.00871	OS	28.24078	0.067019	US	28.44386	0.116702	US	28.66264	0.15016	US			
	7		20.13447908	0.060284	US	20.24192	0.105917	US	20.35769	0.134568	US	20.48123	0.152976	US			
	9		15.67860447	0.077522	US	15.74439	0.106398	US	15.81458	0.123731	US	15.88886	0.134221	US			
	11		12.82356413	0.072516	US	12.86432	0.091144	US	12.90734	0.101725	US	12.95239	0.107599	US			
	13		10.83890387	0.056389	US	10.86332	0.068548	US	10.88867	0.074854	US	10.91478	0.077894	US			
	15		9.379759057	0.03486	US	9.392859	0.042304	US	9.406019	0.045819	US	9.419101	0.047093	US			
	17		8.262123632	0.009922	US	8.267044	0.014243	US	8.271417	0.015921	US	8.275137	0.016113	US			
	19		7.378877034	-0.0168	OS	7.377688	-0.01465	OS	7.37552	-0.01417	OS	7.372295	-0.01459	OS			
	21		6.663435903	-0.04446	OS	6.65757	-0.04382	OS	6.650409	-0.04407	OS	6.641902	-0.04478	OS			
	23		6.072242087	-0.07254	OS	6.062725	-0.07293	OS	6.05168	-0.07357	OS	6.039079	-0.07433	OS			
	25	5.57560522	-0.10071	OS	5.563193	-0.10176	OS	5.54908	-0.10256	OS	5.53326	-0.10319	OS				

**Tabel A.9** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 4 penumpang dan  $\Theta = 0^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam		
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
0	5	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	27.91122	-0.11363	OS
	7	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	19.96288555	-0.12618	OS	19.78023	-0.26824	OS
	9	15.59561	0	N	15.59561	0	N	15.58126	-0.04105	OS	15.45287151	-0.26133	OS	15.30655	-0.3675	OS
	11	12.76005	0	N	12.76005	0	N	12.7085	-0.18071	OS	12.59923408	-0.3608	OS	12.47587	-0.44273	OS
	13	10.79696	0	N	10.79696	0	N	10.72706	-0.28959	OS	10.63119909	-0.43941	OS	10.52352	-0.50334	OS
	15	9.357367	0	N	9.357367	0	N	9.277938	-0.37958	OS	9.191939203	-0.5059	US	9.095612	-0.55586	OS
	17	8.2565	0	N	8.239092	-0.16758	OS	8.172091	-0.4571	OS	8.093613039	-0.56448	OS	8.005873	-0.60313	OS
	19	7.387395	0	N	7.362693	-0.26608	OS	7.300488	-0.52594	OS	7.227928264	-0.61758	OS	7.146907	-0.64676	OS
	21	6.683833	0	N	6.654128	-0.35326	OS	6.59585	-0.58846	OS	6.528065182	-0.66671	OS	6.452444	-0.68776	OS
	23	6.10263	0	N	6.069417	-0.43257	OS	6.014409	-0.64621	OS	5.950558811	-0.71285	OS	5.879377	-0.72674	OS
	25	5.61442	0	N	5.578711	-0.5055	OS	5.526466	-0.70024	OS	5.465915493	-0.75663	OS	5.398452	-0.76414	OS
	$\delta f$	V = 35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam					
		Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB	Rn	KUS	PAB			
	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]					
	5	27.63321918	-0.22775	OS	27.33142	-0.29427	OS	27.01064	-0.33321	OS	26.67434	-0.35542	OS			
	7	19.57842382	-0.34369	OS	19.36122	-0.38395	OS	19.13128	-0.40443	OS	18.89067	-0.41324	OS			
	9	15.14609028	-0.41988	OS	14.97393	-0.44459	OS	14.79194	-0.45412	OS	14.60163	-0.45494	OS			
	11	12.34104130	-0.47958	OS	12.1966	-0.49375	OS	12.04401	-0.4958	OS	11.88452	-0.49108	OS			
	13	10.40605037	-0.52865	OS	10.28031	-0.53496	OS	10.14754	-0.53134	OS	10.00881	-0.52237	OS			
	15	8.99065061	-0.57215	OS	8.878359	-0.57221	OS	8.759835	-0.56403	OS	8.636043	-0.55157	OS			
	17	7.91034133	-0.61202	OS	7.808185	-0.6069	OS	7.700402	-0.59486	OS	7.587876	-0.57941	OS			
	19	7.05874042	-0.64939	OS	6.9645	-0.6398	OS	6.865111	-0.62439	OS	6.761399	-0.60626	OS			
	21	6.37019476	-0.68493	OS	6.282315	-0.67138	OS	6.189677	-0.65293	OS	6.09306	-0.63236	OS			
	23	5.80199006	-0.71904	OS	5.719341	-0.70192	OS	5.632259	-0.68069	OS	5.541487	-0.65785	OS			
	25	5.32513664	-0.75203	OS	5.246871	-0.73161	OS	5.164451	-0.70778	OS	5.078589	-0.6828	OS			

**Tabel A.10** Hasil Perhitungan Kus mobil Toyota Agya dengan 4 penumpang dan  $\Theta = 5.7^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam			V = 15 Km/Jam			V = 20 Km/Jam			V = 25 Km/Jam			V = 30 Km/Jam			
		R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB				
[°]	[°]	[m]			[m]			[m]			[m]						
5.7	$\delta f$	5	28.1408	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N	28.0721	0	N
		7	20.1006	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	20.0515	0	N	19.96098	-0.08951	OS
		9	15.6338	0	N	15.59561	0	N	15.59561	0	N	15.57394448	-0.03967	OS	15.42211	-0.22058	OS
		11	12.7912	0	N	12.76005	0	N	12.76077	0	N	12.68530559	-0.16724	OS	12.55814	-0.31374	OS
		13	10.8234	0	N	10.79696	0	N	10.77917	-0.07353	OS	10.69671927	-0.26509	OS	10.58647	-0.38655	OS
		15	9.38028	0	N	9.357367	0	N	9.333845	-0.11214	OS	9.244362971	-0.34481	OS	9.146294	-0.44726	OS
		17	8.27672	0	N	8.2565	0	N	8.218386	-0.20594	OS	8.13714633	-0.41274	OS	8.048217	-0.50019	OS
		19	7.40548	0	N	7.387395	0	N	7.339887	-0.2869	OS	7.265120936	-0.47259	OS	7.183292	-0.54781	OS
		21	6.70020	0	N	6.68108	-0.03267	OS	6.630122	-0.35851	OS	6.560554399	-0.52663	OS	6.484398	-0.59163	OS
		23	6.11757	0	N	6.096137	-0.08439	OS	6.044753	-0.42311	OS	5.979445651	-0.57634	OS	5.907927	-0.6326	OS
		25	5.62817	0	N	5.60513	-0.13123	OS	5.553723	-0.4823	OS	5.491969244	-0.62272	OS	5.424316	-0.67137	OS
	$\delta f$	V =35 Km/Jam			V = 40 Km/Jam			V = 45 Km/Jam			V = 50 Km/Jam						
		R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB	R <sub>n</sub>	KUS	PAB				
		[°]	[m]		[m]			[m]			[m]						
		5	27.95848109	-0.05896	OS	27.64558	-0.16946	OS	27.3155	-0.23751	OS	26.9723	-0.27965	OS			
		7	19.75233975	-0.21734	OS	19.53021	-0.28996	OS	19.29728	-0.33147	OS	19.05535	-0.35462	OS			
		9	15.25786065	-0.31548	OS	15.08367	-0.36611	OS	14.90108	-0.39245	OS	14.71133	-0.40473	OS			
		11	12.4212659	-0.38677	OS	12.27617	-0.42294	OS	12.12402	-0.43925	OS	11.96582	-0.4443	OS			
		13	10.46794497	-0.44391	OS	10.34227	-0.46969	OS	10.21042	-0.47873	OS	10.07328	-0.47844	OS			
		15	9.040859922	-0.49273	OS	8.929026	-0.51055	OS	8.811665	-0.51392	OS	8.68958	-0.5094	OS			
		17	7.952582485	-0.53622	OS	7.851111	-0.54761	OS	7.744607	-0.54636	OS	7.633819	-0.53833	OS			
		19	7.095263476	-0.57606	OS	7.001842	-0.58209	OS	6.903785	-0.5769	OS	6.801798	-0.56583	OS			
		21	6.402446834	-0.61328	OS	6.315465	-0.61469	OS	6.224175	-0.60604	OS	6.12925	-0.59227	OS			
		23	5.830947584	-0.64853	OS	5.749241	-0.64585	OS	5.663504	-0.63411	OS	5.574381	-0.61787	OS			
		25	5.351484606	-0.68222	OS	5.274187	-0.67588	OS	5.193095	-0.66131	OS	5.108835	-0.64279	OS			

KETERANGAN:  
PAB = Perilaku Arah Belok  
R<sub>n</sub> = Radius Nyata  
N = Netral  
US = Understeer  
OS = Oversteer

KETERANGAN:  
PAB = Perilaku Arah Belok  
Rn = Radius Nyata  
N = Netral  
US = Understeer  
OS = Oversteer

**Tabel A.11** Hasil Perhitungan Sudut slip mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 0^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam		V = 15 Km/Jam		V = 20 Km/Jam		V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$
[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.445945	0.409156	0.849617	0.718693
	7	0	0	0	0	0	0	0.410512	0.386382	0.886053	0.754801	1.411298	1.159514
	9	0	0	0	0	0.205489	0.22893	0.718067	0.631762	1.296182	1.082261	1.933975	1.577897
	11	0	0	0	0	0.409672	0.394315	1.008483	0.867206	1.682856	1.397075	2.426353	1.980533
	13	0	0	0	0	0.604229	0.554007	1.284597	1.095182	2.050108	1.702292	2.893721	2.371175
	15	0	0	0.13803	0.181282	0.790364	0.709212	1.548346	1.317182	2.400641	1.999788	3.339592	2.752157
	17	0	0	0.251936	0.276785	0.968973	0.860687	1.801128	1.534169	2.736378	2.290793	3.766453	3.12502
	19	0	0	0.361742	0.36997	1.140744	1.008938	2.043988	1.746796	3.058749	2.576149	4.176151	3.490821
	21	0	0	0.467728	0.461117	1.306217	1.154306	2.27774	1.955514	3.36886	2.85644	4.570107	3.850297
	23	0	0	0.57013	0.550413	1.46583	1.297029	2.503033	2.160636	3.667592	3.132075	4.949454	4.203967
	25	0	0	0.669147	0.637984	1.619942	1.437266	2.720398	2.362378	3.955663	3.403335	5.315115	4.55219
	$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam							
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$						
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]						
	5	1.289231	1.054092	1.762465	1.414291	2.267506	1.798275						
	7	1.982583	1.598769	2.597132	2.070931	3.252713	2.574543						
	9	2.627263	2.116248	3.372801	2.695186	4.167942	3.312862						
	11	3.234259	2.614565	4.10286	3.296589	5.029108	4.024394						
	13	3.810186	3.098271	4.795336	3.880572	5.845735	4.715522						
	15	4.359425	3.570213	5.455532	4.450542	6.6241	5.390257						
	17	4.885068	4.032278	6.087187	5.008764	7.368632	6.05127						
	19	5.389409	4.485763	6.69307	5.556797	8.082606	6.7004						
	21	5.87421	4.931577	7.275312	6.095733	8.768543	7.338941						
	23	6.340875	5.370359	7.835605	6.626345	9.428445	7.967804						
	25	6.790548	5.802552	8.375332	7.149168	10.06395	8.587625						



**Tabel A.12** Hasil Perhitungan Sudut Slip mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 2.29^\circ$

$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam		V = 15 Km/Jam		V = 20 Km/Jam		V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$
[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]
2.29	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.66235	0.57648
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.701121	0.612861	1.232214	1.023006
	9	0	0	0	0	0	0	0.532238	0.486836	1.118139	0.944682	1.759548	1.443894
	11	0	0	0	0	0.218769	0.241835	0.829472	0.726432	1.509636	1.261908	2.254666	1.847344
	13	0	0	0	0	0.420584	0.406121	1.111103	0.957145	1.880449	1.568366	2.723625	2.237761
	15	0	0	0	0	0.612997	0.564682	1.379315	1.180963	2.233728	1.866325	3.17036	2.617821
	17	0	0	0	0	0.79719	0.718684	1.636011	1.39913	2.571668	2.157245	3.597614	2.989267
	19	0	0	0.179872	0.213918	0.974043	0.868868	1.882353	1.61247	2.895874	2.442109	4.0074	3.353286
	21	0	0	0.292154	0.308016	1.144233	1.015728	2.119281	1.821545	3.207574	2.721601	4.401255	3.710704
	23	0	0	0.40054	0.39974	1.308295	1.1596	2.347537	2.026748	3.507734	2.996198	4.780391	4.062105
	25	0	0	0.5053	0.489337	1.466661	1.300716	2.56772	2.228352	3.797138	3.266233	5.145796	4.407895
	$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam							
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$						
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]						
	5	1.107327	0.916807	1.58365	1.279919	2.089931	1.665305						
	7	1.806313	1.46505	2.421283	1.938072	3.075301	2.441014						
	9	2.453312	1.983254	3.196802	2.561236	3.987761	3.176337						
	11	3.060851	2.480762	3.925067	3.160122	4.844635	3.883528						
	13	3.636276	2.962707	4.614799	3.740697	5.656107	4.569471						
	15	4.184368	3.432245	5.271682	4.306657	6.428823	5.238453						
	17	4.708461	3.89145	5.899686	4.860443	7.167434	5.89331						
	19	5.211007	4.34174	6.501735	5.403728	7.875363	6.535993						
	21	5.693879	4.784108	7.080064	5.937687	8.555237	7.167876						
	23	6.158559	5.219254	7.636446	6.463151	9.209135	7.789928						
	25	6.606254	5.647669	8.172323	6.980703	9.838754	8.402834						



**Tabel A.13** Hasil Perhitungan Sudut slip mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 3.34^\circ$

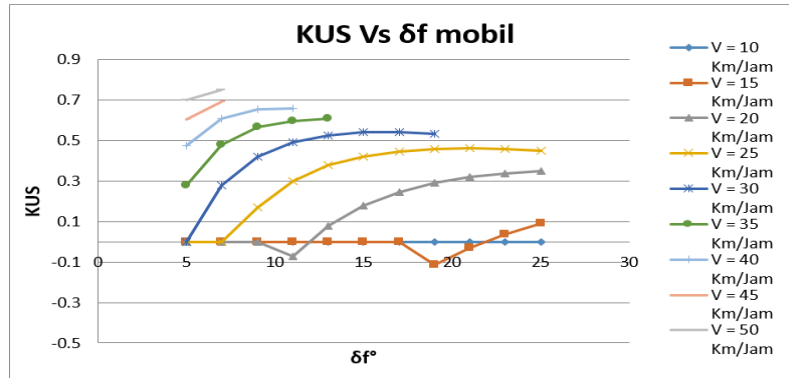
$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam		V = 15 Km/Jam		V = 20 Km/Jam		V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$
[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]
3.34	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.470352	0.430073
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.51151	0.466756	1.049439	0.883394
	9	0	0	0	0	0	0	0.341017	0.336887	0.936276	0.803809	1.581694	1.307032
	11	0	0	0	0	0	0	0.646084	0.581705	1.332954	1.123766	2.079518	1.711249
	13	0	0	0	0	0.230772	0.252135	0.933664	0.81569	1.707449	1.431543	2.549905	2.101268
	15	0	0	0	0	0.430484	0.415142	1.206824	1.041602	2.063476	1.729922	2.997289	2.480169
	17	0	0	0	0	0.620971	0.57235	1.467635	1.261079	2.403558	2.020646	3.424704	2.84993
	19	0	0	0	0	0.80342	0.724911	1.717575	1.475173	2.729512	2.30487	3.834349	3.211882
	21	0	0	0.10911	0.146425	0.978709	0.873556	1.957747	1.684593	3.042703	2.58339	4.227889	3.566951
	23	0	0	0.224508	0.241677	1.147513	1.018775	2.189006	1.889829	3.344197	2.856763	4.606625	3.915791
	25	0	0	0.335839	0.33411	1.310365	1.160901	2.412033	2.091223	3.634849	3.125381	4.971612	4.258859
	$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam							
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$						
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]						
	5	0.921608	0.776327	1.401347	1.142706	1.90885	1.529527						
	7	1.626595	1.328506	2.241825	1.802302	2.89388	2.304282						
	9	2.275773	1.847319	3.016749	2.423999	3.802869	3.036021						
	11	2.883543	2.343732	3.742682	3.019892	4.654714	3.738228						
	13	3.458093	2.823559	4.42912	3.596547	5.46032	4.418332						
	15	4.004654	3.290306	5.082159	4.157977	6.22672	5.080911						
	17	4.526826	3.746252	5.70602	4.706808	6.958799	5.728977						
	19	5.027234	4.192947	6.303787	5.244836	7.660137	6.364596						
	21	5.507868	4.631472	6.877808	5.773319	8.333468	6.98922						
	23	5.970296	5.062593	7.429938	6.293152	8.980951	7.603883						
	25	6.415787	5.48685	7.961679	6.804964	9.604344	8.209314						

**Tabel A.14** Hasil Perhitungan Sudut slip mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 4.57^\circ$

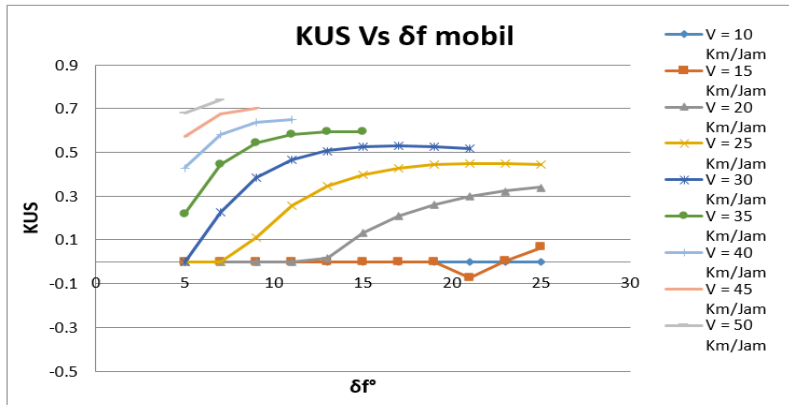
$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam		V = 15 Km/Jam		V = 20 Km/Jam		V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$
[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]
4.57	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.470352	0.430073
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.51151	0.466756	1.049439	0.883394
	9	0	0	0	0	0	0	0.341017	0.336887	0.936276	0.803809	1.581694	1.307032
	11	0	0	0	0	0	0	0.646084	0.581705	1.332954	1.123766	2.079518	1.711249
	13	0	0	0	0	0	0	0.933664	0.81569	1.707449	1.431543	2.549905	2.101268
	15	0	0	0	0	0.430484	0.415142	1.206824	1.041602	2.063476	1.729922	2.997289	2.480169
	17	0	0	0	0	0.620971	0.57235	1.467635	1.261079	2.403558	2.020646	3.424704	2.84993
	19	0	0	0	0	0.80342	0.724911	1.717575	1.475173	2.729512	2.30487	3.834349	3.211882
	21	0	0	0	0	0.978709	0.873556	1.957747	1.684593	3.042703	2.58339	4.227889	3.566951
	23	0	0	0.224508	0.241677	1.147513	1.018775	2.189006	1.889829	3.344197	2.856763	4.606625	3.915791
	25	0	0	0.335839	0.33411	1.310365	1.160901	2.412033	2.091223	3.634849	3.125381	4.971612	4.258859
	$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam							
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$						
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]						
	5	0.921608	0.776327	1.401347	1.142706	1.90885	1.529527						
	7	1.626595	1.328506	2.241825	1.802302	2.89388	2.304282						
	9	2.275773	1.847319	3.016749	2.423999	3.802869	3.036021						
	11	2.883543	2.343732	3.742682	3.019892	4.654714	3.738228						
	13	3.458093	2.823559	4.42912	3.596547	5.46032	4.418332						
	15	4.004654	3.290306	5.082159	4.157977	6.22672	5.080911						
	17	4.526826	3.746252	5.70602	4.706808	6.958799	5.728977						
	19	5.027234	4.192947	6.303787	5.244836	7.660137	6.364596						
	21	5.507868	4.631472	6.877808	5.773319	8.333468	6.98922						
	23	5.970296	5.062593	7.429938	6.293152	8.980951	7.603883						
	25	6.415787	5.48685	7.961679	6.804964	9.604344	8.209314						

**Tabel A.15** Hasil Perhitungan Sudut slip mobil Toyota Agya dengan 2 penumpang dan  $\Theta = 5.7^\circ$

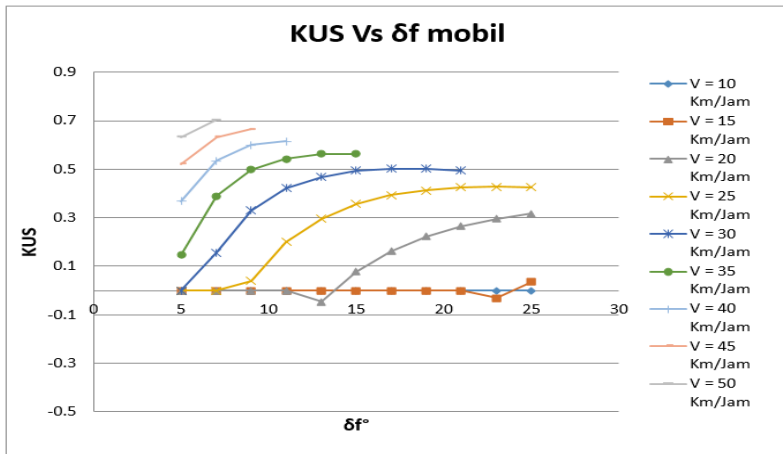
$\Theta$	$\delta f$	V = 10 Km/Jam		V = 15 Km/Jam		V = 20 Km/Jam		V = 25 Km/Jam		V = 30 Km/Jam		V = 35 Km/Jam	
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$
[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.372881	0.355441
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.415244	0.392291	0.9571	0.812734
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.844314	0.732422	1.49196	1.237888
	11	0	0	0	0	0	0	0.553058	0.508046	1.243761	1.053916	1.991145	1.642496
	13	0	0	0	0	0	0	0.843934	0.743952	1.620166	1.362408	2.462199	2.032265
	15	0	0	0	0	0.337449	0.338498	1.119694	0.971058	1.97758	1.660999	2.909836	2.410513
	17	0	0	0	0	0.531447	0.497689	1.382657	1.191265	2.318719	1.951596	3.337253	2.779342
	19	0	0	0	0	0.716943	0.651679	1.634451	1.40577	2.645518	2.235454	3.746749	3.140167
	21	0	0	0	0	0.894961	0.801376	1.876278	1.61537	2.959422	2.513433	4.140058	3.493965
	23	0	0	0	0	1.066269	0.947374	2.109056	1.820614	3.261549	2.786134	4.518529	3.841426
	25	0	0	0	0	1.231465	1.090077	2.333516	2.021884	3.552795	3.05398	4.883252	4.183037
	$\delta f$	V = 40 Km/Jam		V = 45 Km/Jam		V = 50 Km/Jam							
		$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$	$\alpha_{fa}$	$\alpha_{ra}$						
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]						
	5	0.827742	0.705183	1.309367	1.073386	1.817506	1.460964						
	7	1.535931	1.259539	2.151264	1.733716	2.802214	2.235125						
	9	2.186174	1.778641	2.925748	2.354562	3.709232	2.964877						
	11	2.793959	2.274417	3.650335	2.9488	4.558315	3.664376						
	13	3.367947	2.753067	4.334939	3.523324	5.360748	4.341342						
	15	3.913612	3.21829	4.985877	4.082314	6.123767	5.000503						
	17	4.434698	3.672473	5.607502	4.628494	6.852379	5.644962						
	19	4.933921	4.117236	6.202979	5.163723	7.550243	6.276843						
	21	5.413332	4.553707	6.774716	5.689304	8.220148	6.897642						
	23	5.874544	4.982686	7.324608	6.206161	8.864293	7.508419						
	25	6.318859	5.404739	7.854192	6.71495	9.484467	8.109932						



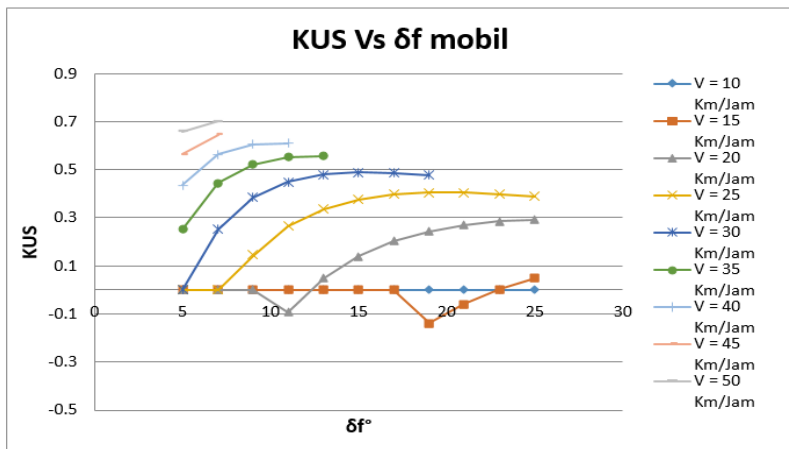
**Gambar A.1** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada kemiringan jalan  $2.29^\circ$  dengan 1 Penumpang



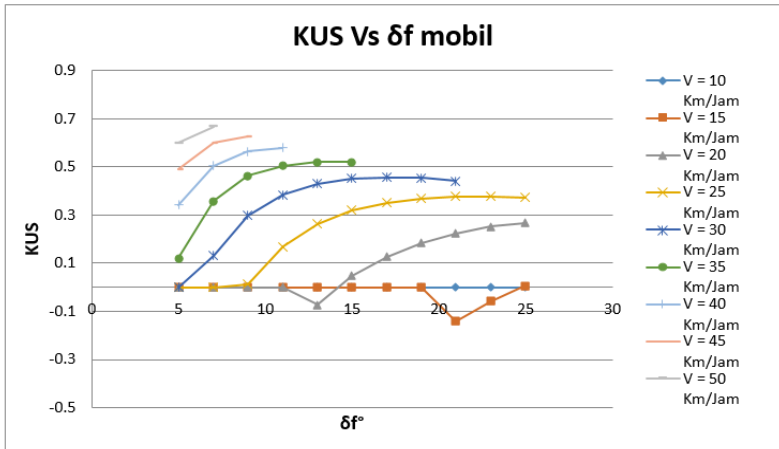
**Gambar A.2** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada kemiringan jalan  $3.34^\circ$  dengan 1 Penumpang



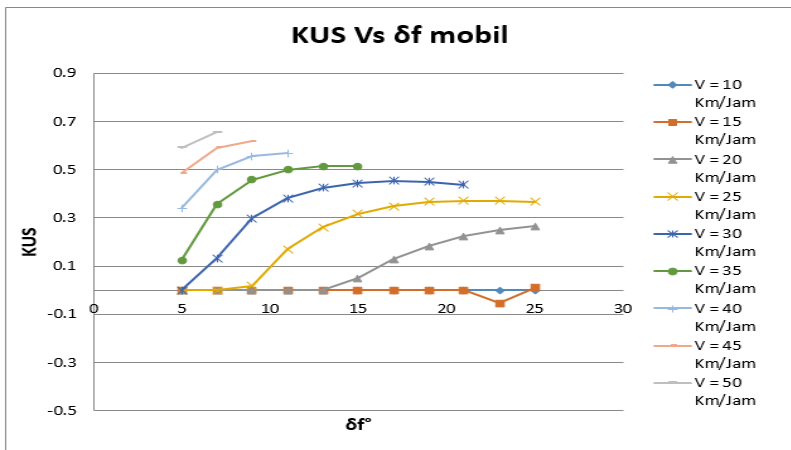
**Gambar A.3** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada kemiringan jalan 4.57° dengan 1 Penumpang



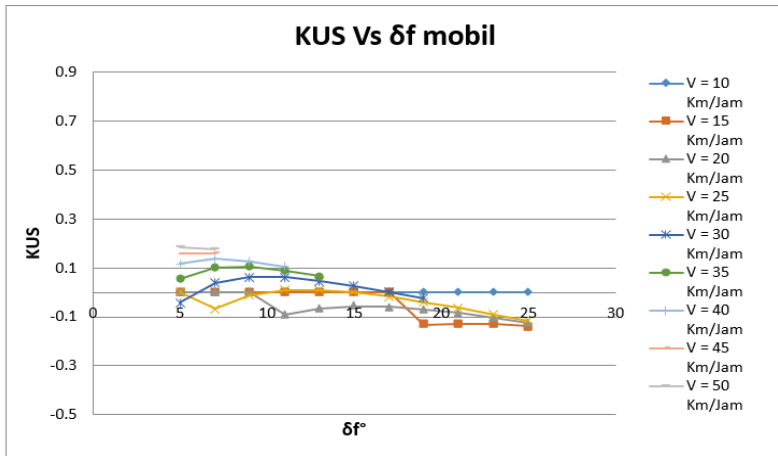
**Gambar A.4** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan 2.29° dengan 2 Penumpang



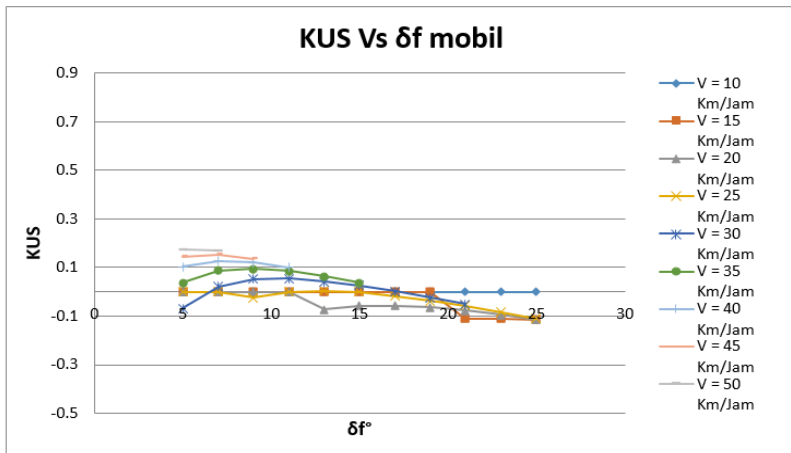
**Gambar A.5** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $3.34^\circ$  dengan 2 Penumpang



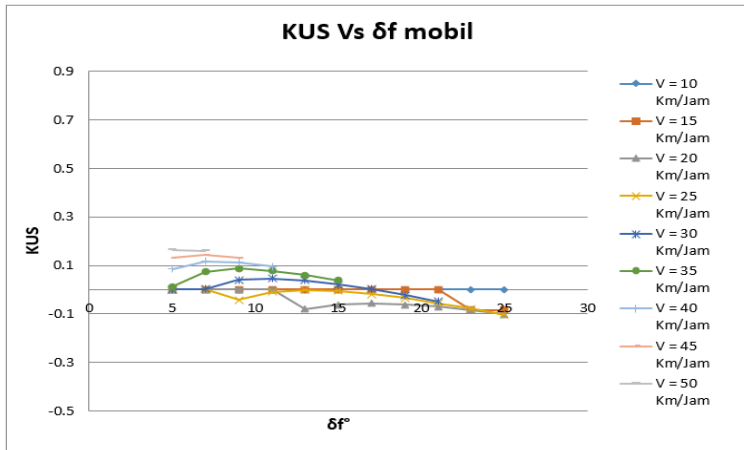
**Gambar A.6** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $4.57^\circ$  dengan 2 Penumpang



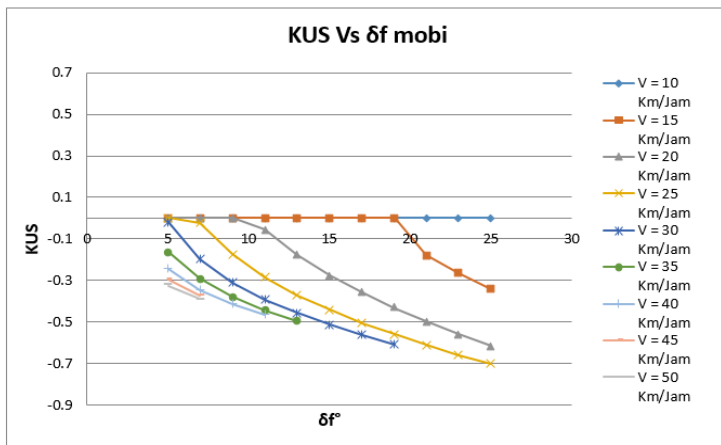
**Gambar A.7** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan 2.29° dengan 3 Penumpang



**Gambar A.8** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan 3.34° dengan 3 Penumpang

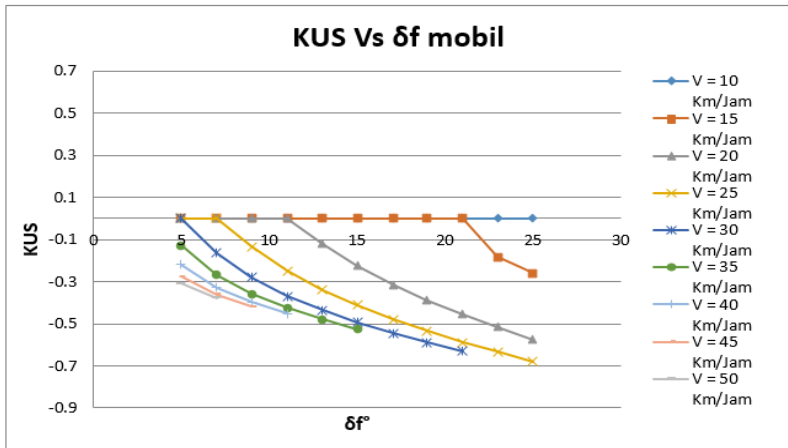


**Gambar A.9** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $4.57^\circ$  dengan 3 Penumpang

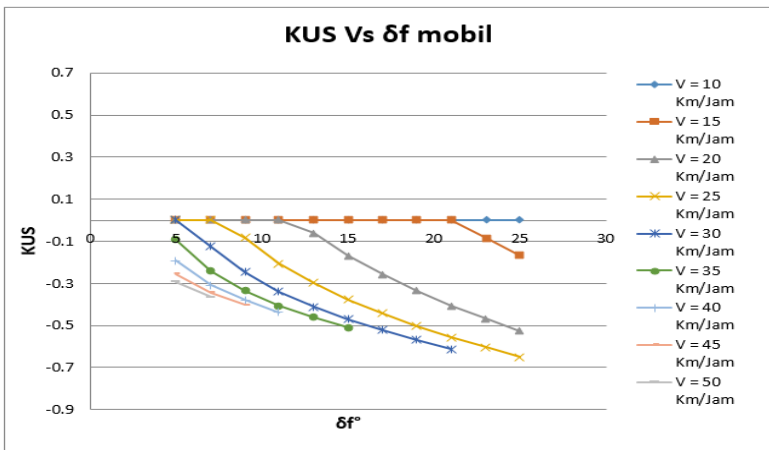


**Gambar A.10** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $2.29^\circ$  dengan 4 Penumpang





**Gambar A.11** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $3.34^\circ$  dengan 4 Penumpang



**Gambar A.12** KUS Vs  $\delta f$  mobil pada Kemiringan Jalan  $4.57^\circ$  dengan 4 Penumpang

## BIODATA PENULIS



**Faisal Rahman** dilahirkan di Jakarta, 22 Desember 1994 anak yang terlahir dari orangtua bernama Syamsu Rizal dan Elvera. Riwayat pendidikan penulis diawali di SDN Jatiwaringin V, Bekasi pada tahun 2000-2006. Penulis melanjutkan pendidikannya di SMPN 135 Jakarta pada tahun 2006-2009, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMA, Jakarta pada tahun 2009-2012.

Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 Jurusan Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur tulis.

Penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun organisasi selama perkuliahan. Dalam organisasi kemahasiswaan, penulis aktif menjadi staff Departemen Organisasi di Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) pada tahun 2012-2013. Pada tahun 2014-2015, penulis aktif menjadi staff ahli Departemen Organisasi. Di jurusan Teknik Mesin ini Penulis mengambil bidang studi Desain-otomotif. Penulis memiliki hobby bermain futsal

Motto hidup penulis adalah “Just Do It” menjadikan penulis lebih bersemangat dan berusaha keras. Untuk semua informasi dan masukan terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email [faisal.rahman2212@gmail.com](mailto:faisal.rahman2212@gmail.com)

